

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Civil

**BUILDING INFORMATION MODEL –
AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL COMO
SOLUÇÃO PARA OS PRINCIPAIS ATRASOS E
DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO
PORTUGUESA**

Tiago Miguel Nunes Rolo Ferreira de Vasconcelos

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade

Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em

Engenharia Civil – perfil de Construção

Orientador: Professor Doutor Nuno Cachadinha

Lisboa

2010

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar esta dissertação de mestrado, resta-me registar os meus sinceros agradecimentos a todas as individualidades que de várias formas contribuíram para a sua realização.

Ao Professor Doutor Nuno Cachadinha, orientador da dissertação, agradeço o apoio, a confiança, a disponibilidade, a partilha do saber, o estímulo e a exigência que impôs ao longo de todo o trabalho. As notas dominantes da sua orientação foram a utilidade das suas recomendações, a cordialidade com que sempre me recebeu e a metodologia de trabalho adoptada.

A todos os responsáveis das empresas que colaboraram nas entrevistas. Só com a sua disponibilidade foi possível a realização desta dissertação.

A todos os meus colegas de curso, pela excelente relação pessoal que criámos, pelo espírito de camaradagem e pela partilha de conhecimentos e de experiências. Destaco particularmente o João Matias, pela verdadeira cooperação ao longo destes meses de trabalho.

À Tânia Lopes pelas inúmeras trocas de impressões e críticas ao meu trabalho. Acima de tudo pelo inestimável apoio e pela paciência e compreensão reveladas ao longo destes meses.

Aos meus pais, pelo estímulo e apoio incondicional desde a primeira hora, pela paciência e grande amizade com que sempre me ouviram, e pela sensatez com que sempre me ajudaram.

RESUMO

Estudos anteriores ao sector da construção revelaram a necessidade de investir na melhoria da qualidade dos projectos e na melhoria da gestão dos empreendimentos.

A concepção desta dissertação partiu, assim, da ideia de esclarecer as causas para o incumprimento de prazos e de custos, reunindo toda a informação necessária de forma a discutir se a implementação do *BIM – Building Information Modeling* – resolveria estas situações.

Este estudo concebeu-se através de entrevistas a 10 empresas portuguesas de construção com actividades de investigação e desenvolvimento, sobre os problemas de incumprimento de prazos e de custos nas fases de Concurso, Preparação e Execução, na perspectiva do Empreiteiro.

Os potenciais benefícios da metodologia *BIM* são o aumento do fluxo de informação, o aumento da colaboração, o aumento do controlo do planeamento e do orçamento, a redução das incompatibilidades entre projectos de especialidades, o aumento da qualidade da construção e a diminuição do risco. Assim, o *BIM* tem a capacidade de eliminar ou atenuar os problemas detectados nas 3 fases.

Pretende-se que este estudo esclareça a indústria da construção relativamente aos problemas existentes e alerte os responsáveis para a implementação de ferramentas de gestão que eliminem desperdícios (tempo e materiais) e diminuam os custos dos empreendimentos.

Palavras-chave: sector português da construção, incumprimento de prazos e de custos, gestão da construção, BIM, informação, colaboração, coordenação

ABSTRACT

Previous studies in the construction sector revealed the need to invest in improving the quality of projects and in improving the project management.

The idea of this study is to clarify the causes of time and costs wastes, together with all necessary information in order to discuss the resolution of these situations through Building Information Modeling implementation.

This study was conceived through interviews about the causes of delay and cost waste in the early stages of procurement, preparation and execution, in view of the Contractor. Those interviews were made to 10 Portuguese construction companies who have investigation and development activities.

The potential benefits of BIM methodology are the improved information flow, collaboration, scheduling and budget management, quality of construction and the decreased in conflicts between projects and risk. Thus, BIM has the ability to eliminate or mitigate problems in the 3 studied phases.

This study aims at clarifying the construction industry about the problems and warning those responsible for the management tools implementation on how to eliminate waste (time and materials) and reduce the facilities costs.

Keywords: Portuguese construction industry, time and costs overruns, construction management, BIM, information, collaboration, coordination

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

2D – Duas dimensões

3D – Três Dimensões

4D – 3D + Tempo

5D – 3D + Tempo + Custos

AECO – Arquitectos, Engenheiros, Construtores e Operadores

AECOPS – Associação de Empresas de Construção e Obras Públicas

AIA – American Institute of Architects

APCER – Associação Portuguesa de Certificação

BIM – Building Information Model

CAD – Computer-Aided Design

CAE – Código de Actividade Económica

CII – Construction Industry Institute

COTEC – Associação Empresarial para a Inovação

DXF-DWG – Autocad Drawing

EUA – Estados Unidos da América

FIAPP – Fully Integrated and Automated Project Processes

FIC – Facilities Information Council

gbXML – Green Building Extensible Markup Language

GPEARI – Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais

IAI – International Alliance for Interoperability

IFC – Industry Foundation Classes

I&D – Investigação e Desenvolvimento

INCI – Instituto da Construção e do Imobiliário

IPAC – Instituto Português de Acreditação

IPCTN07 – Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional de 2007

LACCD – Los Angeles Community College District

LOB – Line of Balance

NBIMS – National BIM Standard

NIBS – National Institute of Building Sciences

NIST – National Institute of Standards and Technology

OCES – Observatório da Ciência e Ensino Superior

OCT – Observatório das Ciências e das Tecnologias

PDF – Portable Document Format

PIB – Produto Interno Bruto

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

STEP – Standard for the Exchange of Product

USPI-NL – Uitgebreid Samenwerkingsverband Procesindustrie – Nederland

XML – Extensible Markup Language

ÍNDICE DE TEXTO

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	IX
ÍNDICE DE TEXTO	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 HIPÓTESE DE ESTUDO.....	1
1.2 JUSTIFICAÇÃO	1
1.3 OBJECTIVOS	4
1.4 ÂMBITO	5
1.5 HIPÓTESE	5
1.6 ANÁLISE GERAL DA METODOLOGIA	5
2. ESTADO DO CONHECIMENTO.....	7
2.1 INCUMPRIMENTO DOS PRAZOS E DOS CUSTOS – PANORAMA INTERNACIONAL	7
2.2 INCUMPRIMENTO DOS PRAZOS E DOS CUSTOS – PANORAMA PORTUGUÊS	8
2.3 INTRODUÇÃO AO BIM.....	8
2.4 DEFINIÇÃO DO BIM	10
2.5 BIM – COORDENAÇÃO, COLABORAÇÃO E INTEROPERABILIDADE	13
2.6 IMPACTO DO BIM NO PLANEAMENTO E NO CUSTO TOTAL	15
2.7 IMPACTO DO BIM NAS VÁRIAS FASES DE OBRA	19
2.8 BENEFÍCIOS DO BIM	20
2.9 INCOVENIENTES DO BIM	22
2.10 FUTURO DO BIM.....	23
2.11 IMPLEMENTAÇÃO DO BIM	24
3. METODOLOGIA.....	27
3.1 PESQUISA E REVISÃO DA LITERATURA ACTUAL	27
3.2 DEFINIÇÃO DO UNIVERSO.....	28
3.3 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	29
3.4 ENTREVISTAS PESSOAIS	31
3.5 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS UTILIZANDO O SPSS v17	31
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	33
4.1 INTRODUÇÃO	33
4.2 PERFIL DOS ENTREVISTADOS.....	35

4.3	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE	38
4.4	FASE DE CONCURSO	41
4.4.1	<i>Pedidos de esclarecimento</i>	45
4.4.2	<i>Potencial benefício da utilização do BIM</i>	48
4.5	FASE DE PREPARAÇÃO	53
4.5.1	<i>Pedidos de esclarecimento</i>	59
4.5.2	<i>Potencial benefício da utilização do BIM</i>	62
4.6	FASE DE EXECUÇÃO	66
4.6.1	<i>Perdas de material</i>	66
4.6.2	<i>Atrasos</i>	71
4.6.3	<i>Pedidos de esclarecimento</i>	82
4.6.4	<i>Potencial benefício da utilização do BIM</i>	85
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
5.1	CONCLUSÕES	89
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	93
5.3	FUTUROS CAMPOS DE PESQUISA	93
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Metodologia geral da dissertação	6
Figura 2.1 – Modelo <i>BIM</i> : desenho 3D, plantas, alçados e fluxo de informação (adaptado de Kymmel, 2008)...	12
Figura 2.2 – Interoperabilidade entre o modelo <i>Revit</i> e o planeamento em <i>MS Project</i> (adaptado de Kymmel, 2008)	13
Figura 2.3 – Detecção de colisões	18
Figura 2.4 – Benefícios e áreas de intervenção do modelo <i>BIM</i> (adaptado de Autodesk, 2009).....	22
Figura 4.1 – Função que desempenha actualmente na empresa	36
Figura 4.2 – Tempo que desempenha funções na empresa.....	37
Figura 4.3 – Tempo que desempenha a actual função na empresa	38
Figura 4.4 – Análise das 2 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Concurso	42
Figura 4.5 – Impacto da escassez de detalhes de projecto na Fase de Concurso ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total.....	43
Figura 4.6 – Impacto da legislação actualmente em vigor na Fase de Concurso ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total.....	45
Figura 4.7 – Número médio de pedidos de esclarecimento por obra na Fase de Concurso.....	46
Figura 4.8 – Tempo médio despendido para executar cada pedido de esclarecimento na Fase de Concurso	47
Figura 4.9 – Tempo médio para se obter uma resposta satisfatória aos pedidos de esclarecimento na Fase de Concurso.....	47
Figura 4.10 – Análise das 5 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Preparação	54
Figura 4.11 – Impacto da ineficiente interacção entre os vários intervenientes na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total.....	55
Figura 4.12 – Impacto da mudança e revisão de projecto na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total.....	56
Figura 4.13 – Impacto da falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total	57
Figura 4.14 – Impacto da existência de contradições entre documentos na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total	58
Figura 4.15 – Impacto das incompatibilidades entre projectos na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total	59
Figura 4.16 – Número médio de pedidos de esclarecimento por obra na Fase de Preparação	60
Figura 4.17 – Tempo médio despendido para executar cada pedido de esclarecimento na Fase de Preparação ...	61
Figura 4.18 – Tempo médio para se obter uma resposta satisfatória aos pedidos de esclarecimento na Fase de Preparação	62
Figura 4.19 – Análise das 3 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Execução – Perdas de material	68
Figura 4.20 – Impacto da mudança e revisão de projecto na Fase de Execução da Obra ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Perdas de material	69

Figura 4.21 – Impacto da existência de erros em informações sobre tipos e especificações de materiais na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Perdas de material	70
Figura 4.22 – Impacto da existência de erros de aceção de quantidade na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Perdas de material	71
Figura 4.23 – Análise das 8 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Execução – Atrasos	74
Figura 4.24 – Impacto da ineficiente interacção entre os vários intervenientes na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos.....	75
Figura 4.25 – Impacto da mudança e revisão de projecto na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos.....	76
Figura 4.26 – Impacto da existência de contradições entre documentos na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos.....	77
Figura 4.27 – Impacto do atraso no fornecimento de material na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos	78
Figura 4.28 – Impacto da escassez de equipas na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos	79
Figura 4.29 – Impacto do planeamento irrealista na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos	80
Figura 4.30 – Impacto das condições meteorológicas adversas na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos.....	81
Figura 4.31 – Impacto das condições locais imprevisíveis na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos.....	82
Figura 4.32 – Número médio de pedidos de esclarecimento por obra na Fase de Execução	83
Figura 4.33 – Tempo médio despendido para executar cada pedido de esclarecimento na Fase de Execução.....	84
Figura 4.34 – Tempo médio para se obter uma resposta satisfatória a cada pedido de esclarecimento na Fase de Execução.....	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Origem das causas na Fase de Concurso	41
Tabela 4.2 – Análise das causas na Fase de Concurso	42
Tabela 4.3 – Participação de cada interveniente nas várias fases	48
Tabela 4.4 – Avaliação do potencial do <i>BIM</i> como solução para as principais causas de atrasos na Fase de Concurso.....	52
Tabela 4.5 – Origem das causas na Fase de Preparação	53
Tabela 4.6 – Análise das causas na Fase de Preparação	54
Tabela 4.7 – Avaliação do potencial do <i>BIM</i> como solução para as principais causas de atrasos na Fase de Preparação	65
Tabela 4.8 – Origem das causas na Fase de Execução – Perdas de material	66
Tabela 4.9 – Análise das causas na Fase de Execução – Perdas de material	67
Tabela 4.10 – Origem das causas na Fase de Execução – Atrasos	72
Tabela 4.11 – Análise das causas na Fase de Execução – Atrasos	73
Tabela 4.12 – Avaliação do potencial do <i>BIM</i> como solução para as principais causas de atrasos e desperdícios na Fase de Execução.....	88

1. INTRODUÇÃO

1.1 HIPÓTESE DE ESTUDO

Quais os atrasos e os desperdícios que poderão ser eliminados ou reduzidos no processo de produção com a implementação de ferramentas *Building Information Modeling* – *BIM*?

1.2 JUSTIFICAÇÃO

Nos últimos anos, o mundo tem sofrido diversas alterações a nível demográfico, político, social, económico, ambiental e tecnológico. Não obstante a importância de outros níveis, a situação económica tem sido, de há uns tempos a esta parte, alvo de grandes preocupações. Uma das formas de impulsionar o desenvolvimento económico tem sido a aceleração dos processos de inovação e desenvolvimento a nível mundial, nomeadamente por parte dos EUA, Índia e China, os quais registaram uma intensa actividade neste domínio (AECOPS, 2006).

Dado a forte dependência do mercado externo, a economia portuguesa apresenta uma grande sensibilidade face à evolução da economia mundial, especialmente, da europeia. Por toda a sua conjuntura, a indústria da construção em Portugal, à semelhança do que acontece nos outros países, tem um papel que, embora não sendo o principal, é preponderante na economia do país (AECOPS (2006) e Baganha, Marques e Góis (2002)).

Em 2001, devido ao panorama mundial existente, Portugal assistiu a um período de estagnação económico, incluindo o mercado da construção (AECOPS, 2006), apesar de existirem razões históricas e sócio-económicas que explicam as diferenças de comportamento do sector português da construção face aos outros países Europeus (Baganha, Marques e Góis, 2002). Mesmo assim, o investimento nacional na construção foi significativamente mais baixo do que na generalidade dos países europeus (AECOPS, 2006). Acresce ainda que se

tem repetido acentuadas derrapagens de prazos e de custos, tornando esta área um grande risco, com encargos avultadíssimos para o Estado (Tribunal de Contas, 2009).

Segundo Kubicki et al. (2006), a construção civil é uma actividade complexa, heterogénea e envolve diversos actores durante períodos relativamente curtos.

Couto, Teixeira e Moura (2005) referem que, tendo em conta o cenário actual, importa esclarecer e reflectir sobre os problemas inerentes a esta actividade, bem como o desenvolvimento de metodologias para a sua gestão e controlo, as quais podem ajudar a dominar esta questão, contribuindo para a melhoria da produtividade na construção, tornando o sector necessariamente mais competitivo. Um dos problemas mais preocupantes da construção portuguesa é o acréscimo do custo total das obras. As consequências são severas e põem em causa não só a credibilidade dos profissionais da construção, como também a imagem do nosso País neste sector (Couto, Teixeira e Moura, 2005).

As estratégias de equilíbrio financeiro de algumas empresas são ainda mais preocupantes, ao adoptarem a sobre-orçamentação como forma de cobrirem o risco nos habituais atrasos nos pagamentos dos contratos de obras públicas que, obviamente, se traduz em mais despesas para os contribuintes (AECOPS, 2006).

Segundo Couto, Teixeira e Moura (2005), o incumprimento dos prazos é um motivo frequentemente apontado para a falta de competitividade na construção portuguesa. As consequências do incumprimento dos prazos são quase sempre graves e de difícil resolução. Os atrasos resultam em prejuízo para os utentes e geram diminuição de rendibilidade para os promotores. Porém, apesar da sua ocorrência sistemática, continua a ser um problema para o qual até agora não se encontrou uma solução. A investigação internacional tem abordado esta questão, mas, a nível nacional, pouco se tem evoluído para o esclarecimento do problema.

A qualidade da construção tem sido outro dos alvos de grandes críticas por parte dos utilizadores. Em redor dele tem havido aceso debate no sector, com propostas de revisão da

legislação, nomeadamente, quanto ao aumento do período de garantia dos imóveis. Com a diminuição do ciclo de vida dos materiais e dos componentes da construção, os novos utilizadores deparam-se com custos inesperados que urge atenuar (Couto, Teixeira e Moura, 2005).

O Tribunal de Contas (2009) alertou para os empreendimentos de obras públicas realizados em Portugal que não têm sido planeados com a devida antecedência, de forma a assegurar prazos e custos razoáveis, nem sequer, nalguns casos, apresentadas previsões de prazos de conclusão e de custo global do empreendimento. Por outro lado, verificou-se a falta de rigor no planeamento e na programação física e financeira dos vários empreendimentos, o que originou revisões sucessivas dos respectivos prazos de conclusão e das correspondentes estimativas de custos globais, quando existentes, com significativos desvios entre os valores planeados e os realizados. O Tribunal recomenda que os donos de obra invistam na melhoria da qualidade dos projectos, ao nível da sua coerência e da pormenorização das soluções apresentadas, assim como no rigor das suas especificações e na definição e quantificação da natureza dos respectivos trabalhos. Para o efeito, devem promover a revisão dos projectos, através duma equipa de técnicos independentes e de reconhecida competência, revisão essa que deve ocorrer antes do lançamento do concurso. Esta medida, que já goza de consagração legal, para além de salvaguardar a qualidade dos projectos, garante um controlo mais eficaz de custos e de prazos. Também se reveste de importância relevante a constituição de uma base de dados sobre a estatística de cada obra, em termos de custos por unidade de obra e tendo por base mapas de medição tipo, com vista a permitir comparar as estruturas de custos dos empreendimentos da mesma natureza.

A competitividade e o crescimento da economia dependem, fundamentalmente, da eficiência da construção (AECOPS, 2006). Para solucionar o problema, compete a todos actuar, mas o primeiro passo terá que ser dado pelos donos de obra em várias frentes (Meneses (2005), parafraseado por Couto e Teixeira, 2006).

Assim sendo, é urgente desenvolver sistemas de avaliação técnica do comportamento das edificações, estimular a adopção de produtos e de sistemas de controlo de gestão apropriados à construção, a fim de eliminar incumprimentos de prazos e custos excedidos, garantir um fluxo adequado de informação oportuna e fiável para a tomada de decisões técnicas e estratégicas correctas e conferir qualidade aos empreendimentos.

A adopção de ferramentas *BIM* parece, numa primeira análise, corresponder às necessidades do sector da construção. Os potenciais benefícios desta metodologia são enormes. Entre outros evidencia-se o aumento do fluxo de informação, tal como da colaboração, o aumento do controlo do planeamento e do orçamento, a redução das incompatibilidades entre projectos de especialidades e, naturalmente, o aumento da qualidade da construção e a diminuição do risco.

Assim, efectuou-se primeiramente um estudo qualitativo através de um questionário efectuado às empresas do sector da construção com actividades de investigação e desenvolvimento, sobre os problemas que propiciam custos excedidos e incumprimento de prazos na construção, na perspectiva do empreiteiro. Seguidamente, e dando continuidade à primeira etapa, será realizada uma reflexão sobre os potenciais benefícios da implementação do *BIM* em Portugal, de forma a propor soluções para a eliminação dos problemas encontrados.

1.3 OBJECTIVOS

Tendo como alvo a indústria da construção, este trabalho pretende alertar, realçar, esclarecer, na óptica do empreiteiro, os principais atrasos existentes nas fases de concurso, de preparação da obra e de execução da obra, e consequentes implicações ao nível do custo total da obra. Analisadas as causas que propiciam os atrasos, pretende estudar-se os potenciais

benefícios da implementação de ferramentas *Building Information Modeling* como forma de minimizar, e até mesmo solucionar, os problemas supra citados.

1.4 ÂMBITO

O presente trabalho tem como âmbito a utilização de ferramentas *BIM* no sector português da construção, minimizando ou eliminando os problemas identificados através de entrevistas pessoais às empresas com actividades de investigação e desenvolvimento.

1.5 HIPÓTESE

Das causas que propiciam incumprimentos de prazo e acréscimo do custo total da obra identificadas nas três fases (de concurso, de preparação da obra e de execução da obra), quais as que poderão ser minimizadas, ou até mesmo eliminadas, com a implementação de ferramentas *BIM*?

1.6 ANÁLISE GERAL DA METODOLOGIA

A concepção desta dissertação partiu da ideia de caracterizar o sector português da construção e reunir todas as informações necessárias para a implementação do *BIM*.

Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica com o intuito de apresentar uma panorâmica exaustiva da problemática, incidindo preferencialmente sobre os problemas existentes que levam a incumprimentos de prazos e orçamentos excedidos, assim como as características e potencialidades do *BIM*.

De seguida, definiu-se o universo do estudo. Desejou-se que este incidisse sobre as empresas (empreiteiros) do sector da construção civil e obras públicas com propensão para a inovação.

Posteriormente, elaborou-se um questionário com base na pesquisa e na revisão da literatura actual. A intenção foi recolher o máximo de informações sobre as causas que propiciam os atrasos e as perdas no sector português da construção (na fase de concurso, na fase de preparação da obra e na fase de execução da obra), apontando para a implementação da ferramenta *BIM*, como forma de solucionar estas situações. Para a recolha dos dados recorreu-se a entrevistas pessoais. As entrevistas foram realizadas entre Julho de 2009 e Janeiro de 2010, sendo inseridas numa base de dados para serem estudadas estatisticamente, com recurso ao programa “*Statistical Package for the Social Sciences*” – *SPSS*, versão 17, e, finalmente, discutidas.

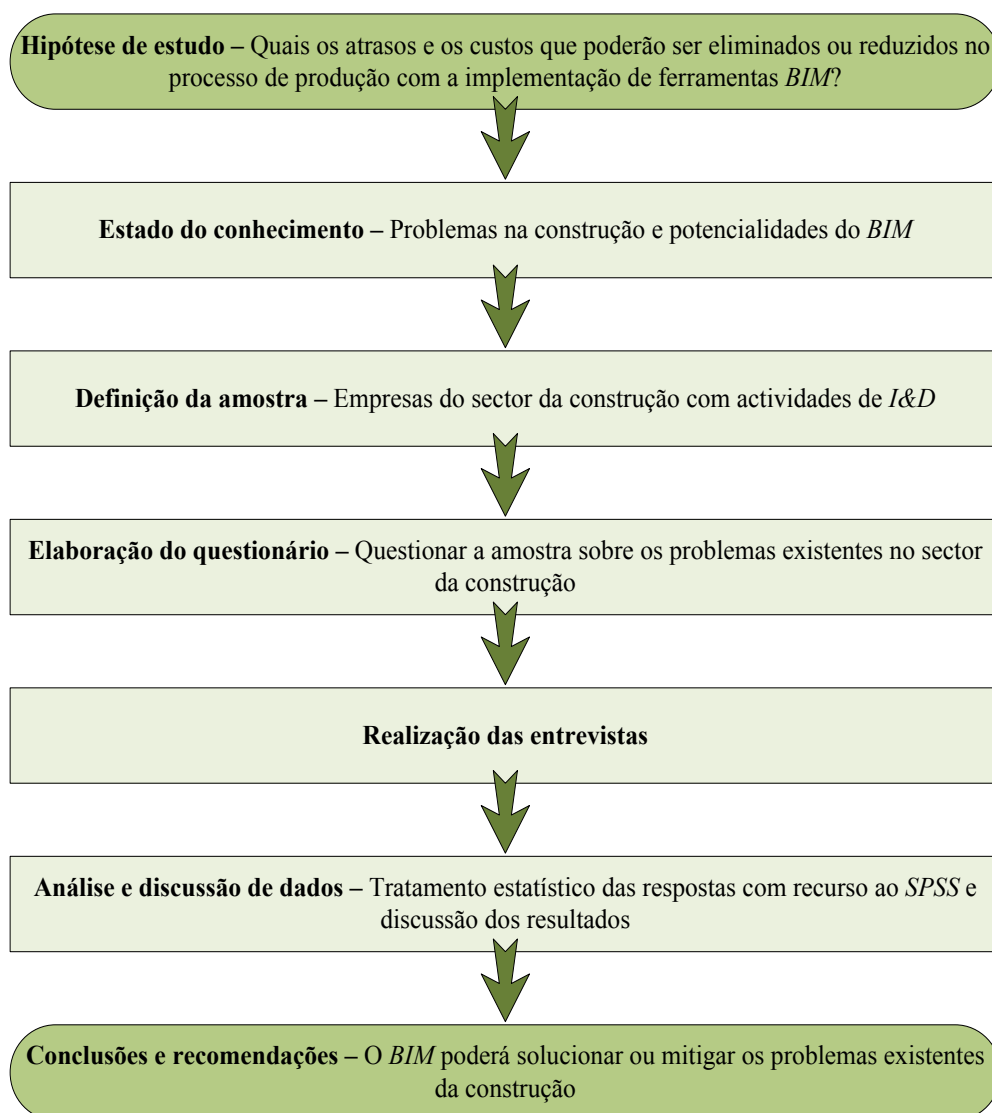


Figura 1.1 – Metodologia geral da dissertação

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

2.1 INCUMPRIMENTO DOS PRAZOS E DOS CUSTOS – PANORAMA INTERNACIONAL

Os atrasos na construção têm impacto no tempo e nos custos do projecto (Ogunlana, Promkuntong e Jearkjirm, 1996).

Ultimamente, tem havido alguns estudos a nível internacional sobre os incumprimentos na construção. Os aspectos mais abordados são as derrapagens dos prazos e dos custos (Couto e Teixeira, 2005).

Segundo Couto e Teixeira (2005), Baldwin e Manthei (1971) foram dos primeiros a abordar esta questão, seguindo-se, mais tarde Chalali e Camp (1984), os quais discutiram as causas dos atrasos nos países em desenvolvimento durante as fases de planeamento e de construção. Posteriormente, Kraiem e Diekmann (1987) estudaram os atrasos que ocorrem devido ao efeito de várias causas em simultâneo, introduzindo o conceito de atrasos concorrentes. Okpala e Aniekwu (1988) e, mais tarde, Elinwa e Buba (1993) estudaram os motivos dos custos excedidos e dos atrasos existentes na indústria da construção na Nigéria. Seguidamente, Yates (1993) sugeriu o desenvolvimento de um sistema de apoio nas decisões da construção para análise de atrasos. Segundo o estudo realizado sobre os atrasos na construção em Bangucoque e na Tailândia, Ogunlana, Promkuntong e Jearkjirm (1996) recomendaram a necessidade de um maior esforço por parte dos gestores de projecto e das associações da indústria de construção, no fornecimento dos meios necessários para a gestão eficaz do projecto. Com o rápido crescimento da indústria da construção no médio oriente, primeiramente, Odeh e Battaineh (2002) tentaram esclarecer as causas dos atrasos na Jordânia e, posteriormente, Sweis et al. (2008) mostraram, também, a sua preocupação relativamente a este facto, tendo examinado as principais causas dos atrasos e a sua importância no sector da construção na Jordânia.

2.2 INCUMPRIMENTO DOS PRAZOS E DOS CUSTOS – PANORAMA PORTUGUÊS

A qualidade dos projectos e da sua coordenação influencia o sucesso dos empreendimentos. Enquanto um projecto qualitativamente bem elaborado dá melhores garantias de sucesso na concretização do empreendimento, um projecto deficiente poderá ter consequências imprevisíveis no desenvolvimento do mesmo (Couto e Teixeira, 2006).

Têm sido poucos os estudos realizados em Portugal sobre esta temática. Porém, Couto, Cardoso Teixeira e Moura (2005) estudaram as razões da falta de competitividade da indústria da construção nacional, relativamente aos prazos, custos, qualidade e segurança, apontando algumas pistas no sentido de a melhorar substancialmente.

2.3 INTRODUÇÃO AO BIM

De alguns anos a esta parte, muitas indústrias transformadoras tentam resolver a necessidade intrínseca de modelos para troca de informação. Charles Eastman introduziu o conceito de *Building Information Modeling* no final da década de 70, embora já antes houvesse algumas discussões sobre essa temática, conquanto o termo ainda não tivesse sido proposto. Contudo, foi Jerry Laiserin que apresentou o conceito nos seus artigos (Yessios, 2004). Em meados da década de 80, a *Norma ISO STEP* impulsionou o conceito para tentar resolver a necessidade de um grande número de indústrias transformadoras (Howard e Björk, 2008).

Em meados dos anos 90, a normalização de modelos de informação, no sector da construção, foi seguida pelo consórcio industrial *International Alliance for Interoperability – IAI* (Howard e Björk, 2008). Os objectivos do *IAI* são a definição, a publicação e a promoção de uma especificação para a partilha de dados ao longo de todo o ciclo de vida de um projecto. Essa especificação foi intitulada como *Industry Foundation Classes – IFC* (Froese et

al., 1999). A primeira versão da *Industry Foundation Classes* foi emitida em 1997 (Howard e Björk, 2008).

Para envolver activamente todos os elementos da indústria da construção (arquitectos, engenheiros, construtores e operadores – *AECO*) no intercâmbio e na partilha de dados, o *IAI* começou formalmente a iniciativa *BuildingSMART* e, de seguida, formaram a *BuildingSMART Alliance* (IAI (2006), parafraseado por Bazjanac, 2007).

A aliança pretende agir como um ponto focal para a melhoria da eficácia das intervenções e das operações nos edifícios através de consórcios empresariais. Estes consórcios estabelecem processos de investigação na área, realizam fóruns e seminários. Estes processos realizam-se através de informações adquiridas, de revisão do trabalho relevante efectuado, do desenvolvimento, da recomendação de normas, directrizes, programas certificados e incentivos à inovação, e através da promoção de uma maior compreensão e comunicação dentro da indústria. Especificamente, a aliança pretende facilitar a simulação e a análise quantitativa do desempenho energético dos edifícios, a qualidade do ar interior, os aspectos e desempenho de segurança de vários conceitos do projecto (Bazjanac, 2007).

A *BuildingSMART Alliance*, previamente organizada como a *IAI North American Chapter*, tinha sido estabelecida como um conselho do *National Institute of Building Sciences (NIBS)* e foi destinada especificamente para a abordagem das questões de interoperabilidade e o fomento da colaboração entre indivíduos, organizações e entidades associadas à indústria da construção (Holness, 2008). O *NIBS*, que foi autorizado pelo Congresso dos Estados Unidos, em 1974, transforma-se numa fonte de aconselhamento competente, quer para o sector público, quer para o sector privado, no que diz respeito à utilização da ciência e da tecnologia na construção. Para dar uma orientação, compreensão e prática comuns para a utilização do *BIM*, o *NIBS* iniciou a *National BIM Standard (NBIMS)* através do projecto *Facilities Information Council (FIC)*.

O projecto *FIC*, iniciado em finais de 2005, normaliza o tipo e o formato de todos os dados que definem um edifício ao longo do seu ciclo de vida, desde a sua concepção até à sua demolição. Estes dados são utilizados, também, na execução de negócios e nos processos industriais, funcionando durante todo o seu ciclo de vida. A *NBIMS*, mencionada anteriormente, tem como principais objectivos promover a troca de informações durante toda a vida útil do edifício, promover a definição do conjunto e do formato dos dados obtidos para uma padronização nacional *BIM* e promover a organização dessa informação para que seja útil, actual e acessível a todos os elementos da indústria *AECO* (Bazjanac, 2007).

Até um passado recente, os softwares 2D, tais como o *AutoCAD* e a *Microstation*, têm sido utilizados pela maior parte das empresas na elaboração dos seus projectos. Como tal, estas tiveram as limitações normais na construção de edifícios causados pela incompatibilidade entre desenhos (Eastman, Lee e Sacks, 2003).

Com o objectivo de resolver os problemas da indústria, o *BIM* (termo introduzido pela *Autodesk* em 2002) leva à criação e à utilização de métodos coerentes de informação por meio de computador, num projecto de construção, na fase de concepção. Essa informação será usada na tomada de decisões durante o projecto, na produção de documentos de construção de alta qualidade, no prognóstico de desempenho, na relação estimativa/custo, no planeamento e, finalmente, na gestão e no funcionamento do edifício (Kiviniemi et al., 2008).

Após vários anos a ignorar o desenvolvimento de métodos de modelação digital, poderá agora ter lugar na indústria da construção uma nova etapa na evolução dos processos construtivos (Eastman, Lee e Sacks, 2003).

2.4 DEFINIÇÃO DO BIM

Segundo o *NIBS*, “*Building Information Modeling* é uma representação digital das características físicas e funcionais de um edifício. Como tal, serve como um meio de

conhecimento compartilhado para obter informações sobre um edifício, formando uma base fiável para a tomada de decisões durante o seu ciclo de vida. A premissa básica é a colaboração entre os diversos intervenientes, em diferentes fases do ciclo de vida de um edifício, e destina-se a introduzir, extrair, actualizar ou alterar” (Kiviniemi et al., 2008) dados em cada uma das etapas, conforme necessário ao longo de todo o processo, apoiando a cooperação entre as partes relacionadas (Ham et al., 2008).

Segundo Kiviniemi et al. (2008), “o *BIM* é a representação digital compartilhada baseada em normas abertas de interoperabilidade”. Ele inclui todos os relacionamentos e heranças de cada um dos componentes do edifício por ele descrito. Como tal, *Building Information Modeling* é um modelo “inteligente” (Bazjanac, 2007).

O modelo inteligente refere-se ao facto de que a informação pode estar inserida num modelo virtual tridimensional. Alguma desta informação é física, já que vai conter dados sobre a natureza de um objecto, como a sua dimensão, a sua localização em relação aos outros objectos do modelo, a quantidade de objectos e outra informação parametrizada sobre o próprio objecto. Por exemplo, considerando o objecto “parede”, a informação parametrizada do próprio objecto refere-se àquela que distingue um componente específico de outro idêntico. Na verdade, as paredes têm qualidades em comum, mas cada uma pode possuir características diferentes, tais como, as suas dimensões, o tipo de material que a constitui (betão, madeira, etc.) e informações do seu fornecedor. Cada aspecto deste tipo pode ser programado no objecto para que ele represente exactamente o que o projecto exige (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2009).

Segundo a Figura 2.1, este modelo inclui tanto informação gráfica (através de desenhos) como informação não-gráfica (através de especificações, cronogramas e outros dados), sendo que a modelação de ambas permite uma gestão de dados que servirá de apoio para uma futura criação e utilização de coordenadas dessa informação (Eastman, 2009).

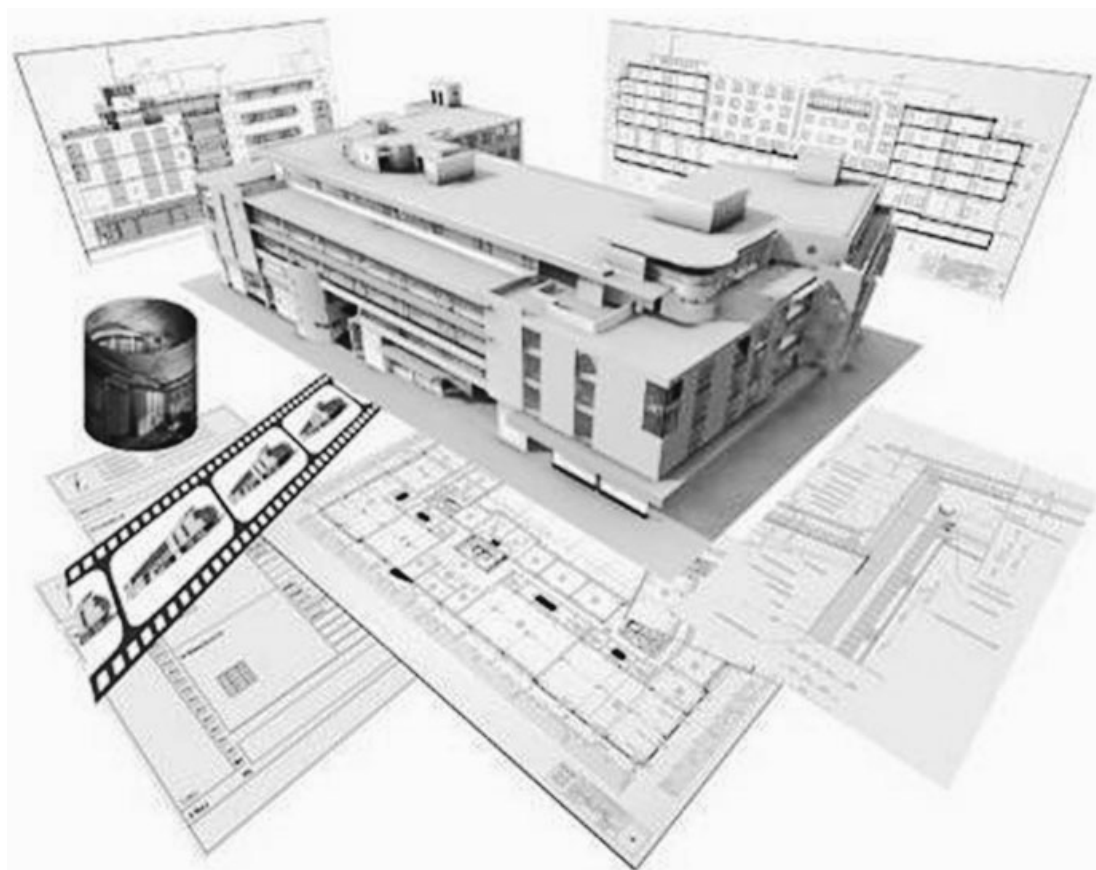


Figura 2.1 – Modelo *BIM*: desenho 3D, plantas, alçados e fluxo de informação (adaptado de Kymmel, 2008)

A principal característica de um *BIM* é o seu sistema de modelação 3D acompanhado com uma gestão, uma partilha e uma troca de dados durante a vida útil do edifício (Vanlande, Nicolle e Cruz, 2008). Ou seja, o resultado desejado é um modelo *BIM* que influi imagens gráficas tridimensionais em tempo real, onde cada linha e cada objecto carregam na vida real dados físicos inteligentes (Holness, 2008).

Para efeitos do presente capítulo e de uma forma resumida, é importante referir a definição da *McGraw-Hill Construction* relativamente ao *Building Information Modeling*: “É o processo de criação e de utilização de modelos digitais para concepção, construção e/ou operação” (Young, Jones e Bernstein, 2008). Para complementar, o *American Institute of Architects (AIA)* define *BIM* como “um modelo baseado em tecnologia ligada a uma base de dados de informação do projecto” e isso reflecte a grande dependência, desta metodologia, em tecnologia de base de dados (Kiviniemi et al., 2008).

2.5 BIM – COORDENAÇÃO, COLABORAÇÃO E INTEROPERABILIDADE

Como se pode constatar através da sua definição, o modelo *BIM* poderá ser uma ferramenta que irá impulsionar a indústria da construção civil no que toca à integração, interoperabilidade e colaboração (Vanlande, Nicolle e Cruz, 2008).

O *BIM* permite gerir e utilizar as informações de todas as etapas do ciclo de vida de um edifício. Esta ferramenta baseia-se na troca e na partilha de informações, de acordo com cada projecto, onde os seus processos são interoperáveis durante todo ciclo de vida da construção (Ham et al., 2008).

A interoperabilidade é a capacidade para que dois sistemas se “entendam” e usem as respectivas funcionalidades sem quaisquer conflitos. A palavra “inter-operar” implica que um sistema opera outro (Chen, Doumeingts e Vernadat, 2008), tal como demonstra a Figura 2.2.

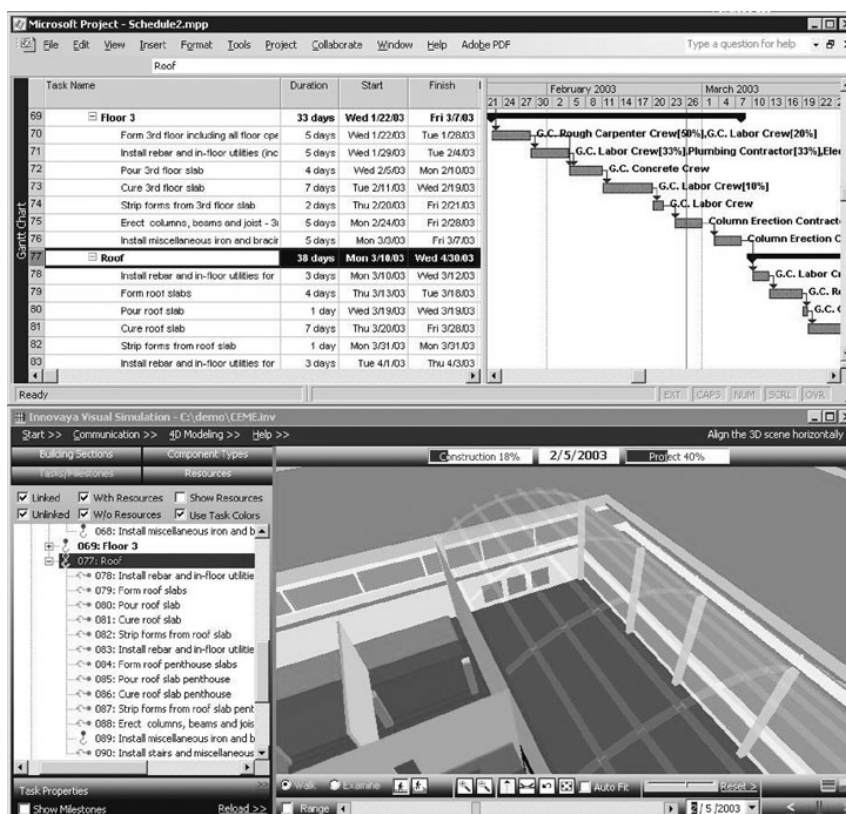


Figura 2.2 – Interoperabilidade entre o modelo *Revit* e o planeamento em *MS Project* (adaptado de Kymmel, 2008)

Segundo o ponto de vista da tecnologia informática, interoperabilidade é a faculdade de dois sistemas computacionais heterogéneos funcionarem em conjunto e acederem

mutuamente às suas valências de uma forma recíproca. No contexto das empresas que funcionam em rede, refere-se à capacidade de interacção (troca de informações e de serviços) entre os sistemas empresariais. Assim, a interoperabilidade é considerada significativa se as interacções poderem ocorrer, com uma semântica definida num dado contexto empresarial, pelo menos em três níveis diferentes: dados, serviços e processos (Chen, Doumeingts e Vernadat, 2008). Assim, de forma mais simplificada, a troca directa de dados elimina a necessidade de geração de dados duplicadas e a introdução repetitiva da mesma informação, eliminando erros humanos.

O projecto europeu *STAND-INN* acrescenta que, para além da interoperabilidade, uma das premissas básicas de *Building Information Modeling* é a colaboração entre os diferentes intervenientes em diferentes fases do ciclo de vida de um edifício. Esta permite que os dados possam ser introduzidos, retirados, actualizados e alterados de forma a apoiar cada interveniente (Kiviniemi et al., 2008).

De forma a promover e a abordar estes dois conceitos (interoperabilidade e colaboração) entre os indivíduos, organizações e entidades associadas à indústria da construção, foram criadas as especificações abertas *BuildingSMART* (Holness, 2008).

O *BIM*, como se pode constatar, é uma ferramenta que permite a utilização, a reutilização e a troca de informação a partir de uma tecnologia de modelação 3D-2D integrada, onde todos os documentos electrónicos se inserem num modelo único 3D (Eastman, 2009).

Com isto, surgiu uma necessidade de criar normas. Essa necessidade foi coberta através de um modelo *IFC – Industry Foundation Classes*. É utilizado para montar um modelo computacional onde se apresenta toda a informação de todos os elementos, podendo as suas relações ser partilhadas entre os participantes do projecto. O modelo constitui uma base de informação partilhada entre os intervenientes do projecto, aumentando à medida

que o projecto passe pelas diferentes etapas de construção – concepção, construção e operação (LACCD, 2009).

O avanço em protocolos de software e de comunicação, liderados pelo *Green Building Studio's gbXML* (www.gbxml.org) tem aumentado. De acordo com a sua *web site*, “O esquema *XML da Green Building (gbXML)* foi desenvolvido para facilitar a transferência de informações armazenadas através de modelos *CAD Building Information Models*. Isto permite a interoperabilidade integrada entre modelos de projecto e uma grande variedade de ferramentas de análises de engenharia. Hoje, a *gbXML* tem o apoio da indústria e é reconhecida pela maior parte dos principais vendedores *CAD* (*Autodesk*, *Graphisoft* e *Bentley*). Com o desenvolvimento das capacidades de exportação e de importação da maior parte das grandes ferramentas de modelos de engenharia, a *gbXML* tornou-se, na realidade, num esquema normalizado da indústria. O seu uso simplifica verdadeiramente a transferência de informações construtivas dos modelos de engenharia para esses mesmos modelos. Isto elimina uma barreira significativa do custo, permitindo planejar recursos construtivos mais eficientes e descrever melhor os equipamentos associados”, diz Holness (2008).

2.6 IMPACTO DO BIM NO PLANEAMENTO E NO CUSTO TOTAL

O planeamento de qualquer projecto de construção tem sido considerado como um dos processos mais críticos das fases iniciais, numa abordagem tradicional (Li et al., 2008).

“Nós analisámos o tempo que nos levou a produzir documentos, desde o desenvolvimento do projecto com o apoio do caderno de encargos, e percebemos que o processo pode ser acelerado pelo uso de *BIM*. A primeira situação observada foi a redução do nosso planeamento de 32 semanas para 24 semanas através da utilização de plataformas *Building Information Modeling* até fazermos o nosso próprio caderno de encargos. Isto tem sido muito bem sucedido” (Moebe, citado por Madsen, 2008).

Quando o *BIM* é utilizado de forma colaborativa, o tempo é poupado porque a informação não é recolhida novamente. Se um *BIM* for criado e partilhado, o tempo não é desperdiçado com a criação de redundantes, e por vezes inconsistentes, documentos (Madsen, 2008).

O *BIM* baseia-se na tecnologia de modelação tridimensional para a representação geométrica do objecto, apesar desta tecnologia se estender totalmente para o 4D integrado, acrescentando à terceira dimensão mais uma – o planeamento. Esta dimensão é um dado importante para o projecto, uma vez que o tempo é um elemento chave para todo o tipo de projecto. Actualmente, existem vários programas informáticos de planeamento que servem de ferramenta para a metodologia *BIM*, dos quais se destaca o *Primavera*® (Holness, 2008). Com o projecto virtual tridimensional completo, é possível visualizar a sequência construtiva, tornando-se uma fonte de um planeamento geral do projecto (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2009).

Para além da geometria e do planeamento, o *Building Information Modeling* estende-se, ainda, para a modelação 5D, adicionando a dimensão estimativa de custos/orçamento, utilizando softwares como o *Sage Timberline Office* (Holness, 2008). Desde que o modelo contenha informações quantitativas, este pode ser ligado a uma base de dados de custos, que produz uma estimativa de custos com base nas quantidades do modelo. Assim, a estimativa de custos está directamente relacionada com o conteúdo do modelo, mesmo que se produzam alterações (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2009).

Os modelos de processos desenvolvidos para descrever a estimativa de custos e o planeamento foram discutidos em Froese, Grobler, e Yu (1998). Esses processos envolvem quatro passos básicos (Cole et al. (1998b), parafraseado por Froese et al., 1999):

1. *Obtenção de custos e planeamento de tarefas*: restabelece as actividades e toda a informação relacionada com recursos, lógica e duração, etc., gerada tanto por estimativa de custos como através do planeamento;
2. *Comparar actividades*: compara a estimativa de custos de tarefas com o planeamento de actividades (ou vice-versa) para identificar as semelhanças e as diferenças;
3. *Identificar o mapeamento de tarefas*: identifica os pontos de mapeamento de tarefas, ou seja, quando uma tarefa é identificada a partir da estimativa deve ser localizada para uma ou mais tarefas a partir do processo de planeamento (ou vice-versa);
4. *Identificar tarefas adicionais*: a realização das tarefas são comparadas e os mapeamentos são identificados; as actividades adicionais podem ser identificadas e criadas através da quebra de uma tarefa de alto nível numa mais detalhada ou inserir uma tarefa a partir de um processo para um outro.

Através da detecção prematura de conflitos, o número de pedidos de informação e as possíveis alterações de planeamento são reduzidas. Com isto, poupa-se tempo e dinheiro. Um pequeno investimento em *BIM* desenvolvido pela *Holder Construction*, há 4 anos atrás, demonstrou um reembolso imediato. O construtor da *Atlantabased General* usou os documentos dos arquitectos para criar um modelo para um pequeno projecto. “Nós encontramos 35 conflitos neste projecto. Com um investimento de \$4.000 num modelo não planeado, percebemos que poupávamos \$135.000 na detecção prévia de colisões” (Figura 2.3), partilha Michael LeFevre, vice-presidente e director do departamento *BIM* da *Holder Construction* (Madsen, 2008).

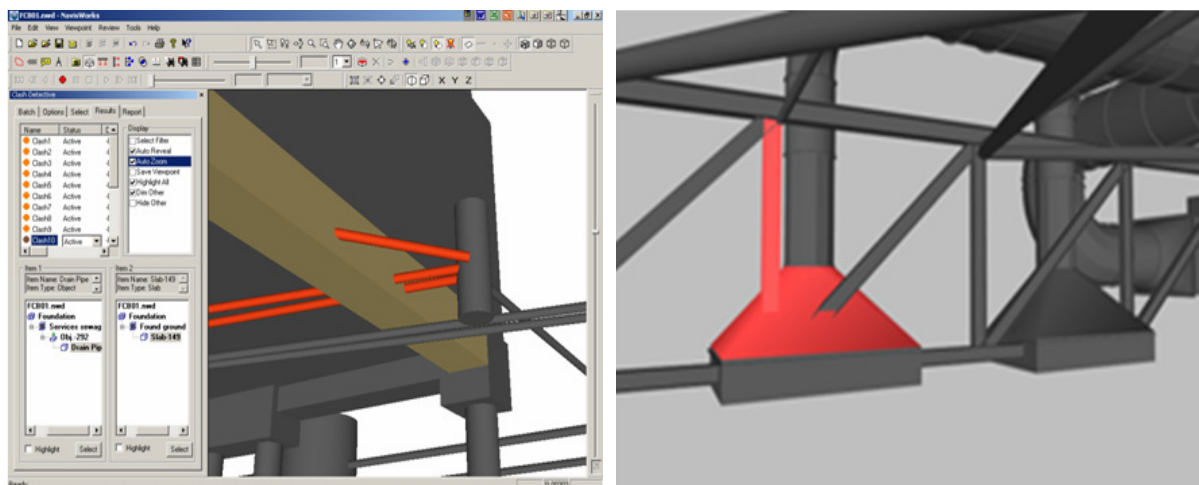


Figura 2.3 – Detecção de colisões

A capacidade de detecção de colisões na abordagem tradicional, através da sobreposição, numa mesa, de todas as folhas de projectos das várias especialidades envolvidas, é bastante inferior à da abordagem *BIM*, a qual é muito mais sofisticada, automática e integrada (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2009).

Além disso, os utilizadores podem extrair quantidades, a partir do modelo digital, para estimativas de custos. Cada objecto (sistema de coberturas, janelas, carpetes), no modelo, pode ter o custo associado a ele, tornando-se mais fácil a criação de mapas de quantidades de materiais e produtos. “Se for um proprietário de um hotel com 2000 quartos, tendo um *BIM* com a quantidade exacta do revestimento de parede, tapetes, carpetes e azulejos, é fantástico porque faz com que os procedimentos de renovação e de manutenção tenham muito mais precisão,” diz John Moebs, director de construção, *Crate e Barrel, Northbrook, IL* (Madsen, 2008).

Crate e Barrel testemunharam em primeira mão o benefício financeiro de *BIM*, “Nós podemos usar modelos para estudar a segregação de custos. O estudo da segregação de custos tende muito a errar devido a pessoas, que não estavam na equipa de projecto inicial, tentarem reinterpretar os desenhos,” diz Moebs. “Com *BIM*, conseguimos ter todos os projectistas a colocar todas as características dos elementos nos modelos 3D, enquanto estão a projectar,

para depois, quando o projecto está na fase de conclusão, pedirem ao modelo para dar um planeamento detalhado” (Madsen, 2008).

2.7 IMPACTO DO BIM NAS VÁRIAS FASES DE OBRA

O ciclo de vida de um edifício pode ser dividido em 4 etapas principais (concepção, construção, exploração e manutenção), sendo cada uma gerida, geralmente, de forma independente (Vanlande, Nicolle e Cruz, 2008). Contudo, o *BIM*, especificamente, pode suportar ambientes de trabalho colaborativo, permitindo (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2009):

1. A possibilidade do dono de obra desenvolver uma compreensão exacta da natureza e das necessidades do projecto;
2. A concepção, o desenvolvimento e a análise do projecto;
3. A gestão da construção do projecto;
4. A gestão das operações do projecto desde o seu funcionamento.

Na fase de gestão da construção, o gestor da obra pode acompanhar toda a evolução do projecto. O encarregado reporta o trabalho realizado, seleccionando os elementos em questão no modelo *BIM*. Os elementos podem ser seleccionados em 2D ou em 3D ou por meio de actividades do projecto ou por partes do edifício. A partir daqui, o modelo pode calcular a quantidade de materiais consumidos e gerar projecções futuras, para efeitos de relatórios diários. Assim, o gestor da obra pode comparar o previsto e o realizado e o cliente pode ser informado sobre o andamento do próprio projecto (Babič, Podbreznik e Rebolj, 2009).

Como se viu anteriormente, o *BIM* é um modelo paramétrico que proporciona a introdução, a extracção, a actualização e a alteração de características físicas e funcionais em cada uma das etapas conforme necessário ao longo de todo o processo, apoiando a cooperação entre as partes relacionadas (NIBS (2007), parafraseado por Ham et al., 2008). Através do

Building Information Modeling, os conflitos existentes no projecto podem ser identificados de forma prematura. Por exemplo, se a canalização de um dado edifício intersectar uma viga estrutural, o projecto pode ser alterado antes da sua construção (Madsen, 2008). Segundo Charles Matta, “quando se projecta e se constrói virtualmente, então tem-se uma maior possibilidade de eliminar erros de planeamento e de concepção ou de ineficiências que levem a problemas construtivos que atrasam o projecto, fazendo com que esse tenha um orçamento sobrelevado” (Madsen, 2008).

2.8 BENEFÍCIOS DO BIM

Desde o início de cada projecto, todos os intervenientes obtêm grandes benefícios utilizando *BIM*, tais como: projectos mais eficientes, detalhes e produção mais rápidos; suporte melhorado para automatizar e reduzir erros devido a coordenação interna (Eastman, Lee e Sacks, 2003).

Através da capacidade de visualização melhorada das propostas no início do projecto, os modelos 3D permitem um estudo mais aprofundado de todas as soluções alternativas de concepção. Isto possibilita uma melhor avaliação dos espaços e dos acabamentos do próprio edifício. Assim sendo, os donos de obra e os intervenientes do projecto poderão mais facilmente alcançar os detalhes e os ajustes que deverão ser feitos até que o projecto atenda aos objectivos desejados (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2009).

Os materiais podem ser calculados automaticamente, encomendados electronicamente e entregues no estaleiro pré-montados em grandes quantidades quando forem necessários (Madsen, 2008).

Geralmente, o propósito principal de uma matriz de trabalho é o fornecimento de um mecanismo organizado para que os conceitos, os problemas e os conhecimentos sobre a interoperabilidade das empresas possam ser representados de uma maneira mais estruturada.

Essa estruturação é expressa por meio de diagramas, de texto e de regras formais, relacionando as componentes de uma entidade conceptual com outra (Chen, Doumeingts e Vernadat, 2008).

Do ponto de vista da indústria em geral, um *BIM* é uma representação digital compartilhada das características físicas e funcionais de um edifício, baseada em normas abertas de programas de interoperabilidade. O *BIM* contém as informações fornecidas por todos os actores que participam na elaboração do projecto, na intervenção e na operação, facilitando a colaboração efectiva dos vários intervenientes em todas as fases do ciclo de vida do edifício (Bazjanac, 2007).

A tecnologia *BIM* poderá aumentar a colaboração entre as várias disciplinas do projecto e entre projectistas e construtores, permitindo, ainda, que outras pessoas envolvidas no processo (financiadores, proprietários e criadores) compreendam melhor e participem de uma forma mais eficaz (Holness, 2008). Isto é possível pois o *BIM* contém objectos inteligentes que mantêm associativismo, conectividade e relações entre objectos (Kiviniemi et al., 2008).

Outra característica importante desta tecnologia é o facto de um edifício poder ser construído virtualmente antes de o ser fisicamente. Isto permite detectar cedo qualquer tipo de conflito reduzindo o número de pedidos de informação, face ao edifício em questão, e a alteração de projectos ao longo da sua construção. Com esta possibilidade, poder-se-á poupar tempo e dinheiro (Madsen, 2008).

“Anos depois da conclusão do projecto, os operadores responsáveis pela manutenção do edifício podem voltar a utilizar o modelo digital” (Madsen, 2008). Isto deve-se ao facto de a ferramenta *BIM* dispor de uma “biblioteca de objectos” à disposição de qualquer interveniente (Kiviniemi et al., 2008). “Por exemplo, através do computador, os operadores responsáveis pela manutenção ao premirem sobre o esquentador e obtêm o número do seu

modelo, a data da sua instalação, a sua garantia, a sua próxima manutenção e qualquer outra informação relacionada com esse equipamento” (Madsen, 2008).

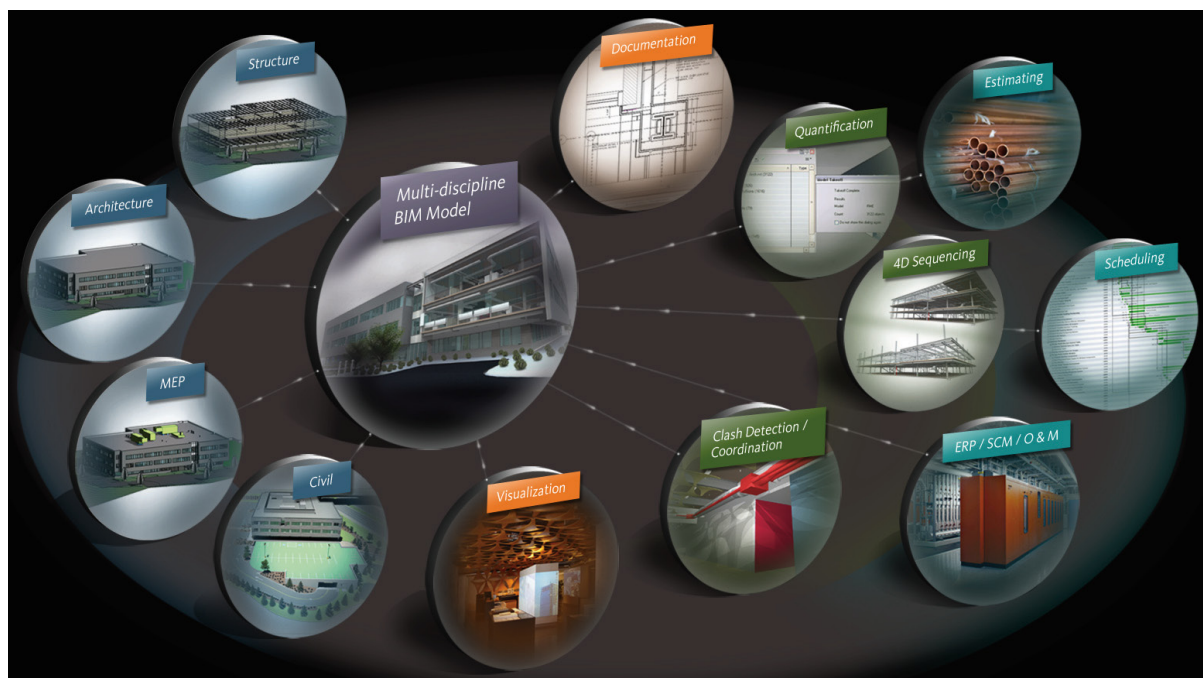


Figura 2.4 – Benefícios e áreas de intervenção do modelo *BIM* (adaptado de Autodesk, 2009)

Segundo a Figura 2.4, o *BIM* é um processo integrado que permite aos intervenientes (a azul, à esquerda) explorarem e estudarem o projecto digital antes de ser construído. A coordenação, a medição e o planeamento e sucessão da informação (a verde) são utilizados em todo o processo de concepção do projecto e o aspecto visual e a documentação são utilizados para uma melhor comunicação e compreensão (a laranja). Isto possibilita uma melhor percepção de características importantes, tais como custos, planeamento e o impacto ambiental (Autodesk, 2009).

2.9 INCOVENIENTES DO *BIM*

Inequivocamente, o desenvolvimento e a utilização da metodologia *BIM* não ocorrem sem investimento. A experiência em grandes projectos industriais, com um investimento compreendido entre os 75 e os 150 milhões de dólares, indica que o projecto apresentará um custo adicional de 5% a 10% relativamente aos honorários dos arquitectos e engenheiros ou

um custo adicional de 0,25% a 0,5% relativamente ao valor da construção. O valor normalizado dos honorários dos arquitectos e engenheiros poderá ser mais elevado caso se trate de um projecto de menor dimensão (Holness, 2008).

Para além do acréscimo do valor de cada obra utilizando um *BIM*, existem outros 3 obstáculos que dificultam a sua utilização. Para a metodologia *BIM* funcionar, as diferenças sintácticas e semânticas da informação devem ser trocadas – barreira conceptual. Da mesma maneira, a incompatibilidade entre as várias tecnologias de informação tem de ser ultrapassada, por exemplo, entre a parte da arquitectura e das infra-estruturas – barreira tecnológica. Este último refere-se às normas de apresentação, de armazenamento, de intercâmbio, de processamento e de comunicação dos dados através do uso de programas informáticos. Por fim, a definição de responsabilidades e de autoridades tem de ser clarificada, bem como a incompatibilidade de estruturas organizacionais também tem de ser resolvida – barreira organizacional (Chen, Doumeingts e Vernadat, 2008).

2.10 FUTURO DO BIM

“Para conseguirmos alcançar o que o mercado necessita, precisamos de normas” e “Se não for a *NIBS* e a *BuildingSMART*, então quem as cria?” (Broadus, citado por Buckley, 2007).

Muito em breve, utilizando a tecnologia e os algoritmos da indústria dos jogos de vídeo e a dinâmica fluida computacional, os projectistas vão conseguir modelar comportamentos e reacções humanas para mudar fluxos de ar, humidades e luz do dia (Knight, 2008).

Na realidade, apesar de aplicações *BIM* e o seu conteúdo serem relativamente limitados, num futuro próximo, o *BIM* vai oferecer grandes oportunidades (Knight, 2008).

Quanto mais pessoas utilizarem *Building Information Models*, mais rico será o modelo (Madsen, 2008).

O *AIA* tem definido *BIM* como “um modelo baseado em tecnologia ligada a uma base de dados de informação do projecto” e isso reflecte a grande dependência de tecnologia de base de dados como razão de ser. No futuro, documentos de texto estruturado, como especificações, poderão ser averiguados e vinculados a normas regionais, nacionais e internacionais (Kiviniemi et al., 2008).

Devido ao *BIM* ter o potencial de beneficiar tantas partes (de todos os envolvidos na concepção e construção de edifícios para a construção e até mesmo os responsáveis pela reabilitação), o movimento está a crescer. Com tantas vantagens, é fácil perceber o porquê (Madsen, 2008).

“Como os arquitectos estão a começar a adoptar *BIM*, os empreiteiros estão a perceber que podem ter de investir muito mais tempo e dinheiro para criar um desenho mais inteligente através de um modelo 3D” (Hedgepath, citado por Madsen, 2008).

2.11 IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

Segundo Fallon e Palmer (2007), em 2002, o *Uitgebreid Samenwerkingsverband Procesindustrie, Nederland (USPI-NL)* estabeleceu um *roadmap* com o objectivo de alcançar um repositório de dados do ciclo de vida dos empreendimentos, com base em normas estruturadas de informação. O *roadmap* faz uma distinção entre a “disponibilidade interna de dados” e a “disponibilidade externa de dados”. Os dois são interdependentes. Assim, as empresas devem atingir a integração interna de processos antes de conseguirem obter a integração externa. Ao mesmo tempo, o mercado deve fornecer as ferramentas e os padrões que suportam a integração externa.

O *National Institute of Standards and Technology (NIST)* e o *Construction Industry Institute (CII)* criaram o *FIATECH* em 1999. A missão do *FIATECH* é alcançar reduções significativas nos custos durante o ciclo de vida de um projecto desde a sua concepção até à fase de projecto, construção, exploração, desactivação e demolição. A abordagem de Processos de Projecto Totalmente Integrados e Automatizados – *Fully Integrated and Automated Project Processes (FIAPP)* – é fundamental para a formação e missão da *FIATECH* (Fallon e Palmer, 2007). Segundo Grilo (2008), o *roadmap* contém 9 elementos fundamentais para a realização da visão:

- Planeamento do projecto baseado em cenários;
- Projecto automatizado;
- Cadeias de abastecimento e aquisições integradas e automatizadas;
- Estaleiros de construção automatizados e inteligentes;
- Edifícios com sistemas inteligentes de auto-manutenção e operação;
- Gestão de projecto e gestão do edifício em tempo-real;
- Novos materiais, métodos, produtos e equipamentos;
- Trabalhadores baseados no conhecimento e tecnologia;
- Gestão de dados e integração da informação no ciclo de vida.

Grilo (2008) refere que, “para a implementação do *BIM* em larga escala em Portugal, é necessário que aconteça um conjunto diversificado de iniciativas ao longo do tempo, envolvendo os vários actores intervenientes nos projectos de engenharia e construção. Este é um desafio multi-dimensional, e que exige uma forte participação e envolvimento inicial dos grandes donos de obra e projectistas especializados. Os grandes donos de obra públicos poderão ter um papel relevante neste processo.”

3. METODOLOGIA

A concepção desta dissertação partiu da ideia de caracterizar o sector português da construção e de reunir todas as informações necessárias para a implementação do *BIM*. A técnica utilizada foi a obtenção de dados a partir da investigação directa da realidade, por meio de entrevistas pessoais. Tendo em vista o objectivo do presente trabalho de investigação, este abraça a seguinte metodologia:

- Pesquisa e revisão da literatura actual;
- Definição do universo do estudo;
- Elaboração de questionário;
- Entrevistas pessoais;
- Análise das respostas aos questionários utilizando o SPSS v17 (ferramenta informática de estatística).

3.1 PESQUISA E REVISÃO DA LITERATURA ACTUAL

O enquadramento teórico da dissertação teve como objectivo apresentar uma panorâmica exaustiva da problemática e a consulta literária incidiu preferencialmente sobre artigos científicos. A temática seleccionada foi a seguinte:

- Contextualização histórica e definição do *BIM*;
- Características do *BIM* (coordenação, colaboração, interoperabilidade e linguagem);
- Planeamento e estimativa de custos utilizando *BIM*;
- Benefícios, problemas e potencial influência nas diversas fases de obra;
- O futuro do *BIM*.

3.2 DEFINIÇÃO DO UNIVERSO

Este estudo incidiu sobre um universo definido com base em condições intencionais, uma vez que a sua selecção foi realizada em função dos objectivos do estudo, sendo especulativa a generalização dos resultados obtidos a todo o sector português da construção. Pretende estudar-se as empresas do sector da construção civil e obras públicas com propensão para a inovação. Assim, o universo é constituído pelas empresas de construção civil e obras públicas associadas à *COTEC* (Associação Empresarial para a Inovação) e pelas empresas do sector da construção com actividades de Investigação & Desenvolvimento (*I&D*) reconhecidas pelo *GPEARI* (Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais).

A *COTEC* foi constituída em Abril de 2003 na sequência de uma iniciativa do então Presidente da República, Dr. Jorge Sampaio, apoiada pelo Primeiro-Ministro, recebeu a adesão de um conjunto de empresas cujo valor acrescentado bruto global representava, em 2002, cerca de 18% do *PIB* nacional. No sector da construção civil e obras públicas, são 13 as empresas associadas.

O *GPEARI* é um organismo sucedâneo do *OCES* (Observatório da Ciência e Ensino Superior) e este último do *OCT* (Observatório das Ciências e das Tecnologias). Integra também parte das atribuições do ex-Gabinete de Gestão Financeira da Ciência e do Ensino Superior. O *GPEARI* disponibiliza no seu sítio da internet uma base de dados de instituições com actividades de *I&D*. A informação que constitui esta base de dados é proveniente da resposta ao Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional referente ao ano de 2007 (*IPCTN07*). O número de entidades que, para o ano de referência, declararam ter desenvolvido actividades de *I&D*, particularmente no sector da construção (Código de Actividade Económica – *CAE rev 2.1: 45 – Construção; CAE rev 3: 42 – Engenharia Civil*), sem Fins Lucrativos (*IPSFL*), é 11.

Acoplando estes dois casos tem-se um total de 24 registos, dos quais 2 se repetem nos dois requisitos. Assim, tem-se um total de 22 Empresas. Destas, apenas 12 são certificadas pelas normas *NP EN ISO 9001*, *NP EN ISO 14001* e *OHSAS 18001*, simultaneamente (quer seja pela *APCER*, pelo *IPAC* ou pela *BUREAU VERITAS*).

Finalmente, das 12 empresas que cumpriram todos os requisitos até então, somente 10 delas apresentam a classificação de 9 numa das 4 primeiras subcategorias da 1ª categoria (Edifícios e Património Construído) do alvará, segundo o sítio da internet do *INCI*. Assim, o universo deste estudo constitui o seguinte grupo de empresas:

- Construções Gabriel A. S. Couto, SA;
- Edifer, SA;
- Ensul-Meci – Gestão de Projectos de Engenharia, SA;
- Grupo Lena;
- Soares da Costa, SA;
- Mota-Engil, SA;
- MSF, SA;
- Opway, SA;
- Somague, SA;
- Teixeira Duarte – Engenharia e Construções, SA.

3.3 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

O questionário foi elaborado com base na pesquisa e na revisão da literatura actual, descrita no capítulo 3.1, com a intenção de recolher informações sobre as causas que propiciam os atrasos e as perdas no sector português da construção, apontando para a implementação da ferramenta *BIM*, no sentido de melhorar estas situações. Não sendo

possível a caracterização generalizada do sector, foi seleccionada uma amostra de acordo com o capítulo 3.2.

A realização do questionário obedeceu a uma página protocolar, onde se indicam os objectivos do estudo, a garantia da confidencialidade das respostas e o agradecimento pela disponibilidade do entrevistado.

A execução do questionário teve como base alguns estudos realizados com objectivos semelhantes noutros países. Para a avaliação das causas que propiciam atrasos e/ou perdas inerentes à construção, foi usado o estudo realizado na Turquia por Polat e Ballard (2004), que visava a quantificação do desperdício na indústria da construção. Gallaher et al. (2004), do *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, ponderaram os custos da falta de interoperabilidade e analisou os custos do ciclo de vida de um edifício, nomeadamente, no que toca aos pedidos de esclarecimento existentes nas diversas fases do projecto. Por essa razão, os capítulos relacionados com as ferramentas informáticas utilizadas e os pedidos de informação foram baseados no estudo anterior.

Assim, o questionário foi dividido em 3 fases:

- Concurso;
- Preparação da Obra;
- Execução da Obra.

A cada fase, procurou-se, preferencialmente, entrevistar as pessoas que estão actualmente envolvidas directamente com cada uma das secções avaliadas. Dessa forma, na fase de concurso pretendeu entrevistar-se Comerciais, na fase de preparação da obra, Preparadores de Obra e, na fase de execução da obra, Directores de Obra.

Foram avaliadas, nas 3 secções anteriormente descritas, as causas que provocam atrasos. Na fase de execução, para além destas, foram também consideradas as causas que

propiciam perdas de material. Para cada uma delas, os entrevistados ainda referenciaram os recursos humanos envolvidos na resolução dessa causa, o tempo despendido com ela, a frequência da sua ocorrência e, por fim, o impacto verificado no custo total.

De seguida, em cada secção, objectivou-se saber as ferramentas informáticas utilizadas, para que, posteriormente, se pudesse esclarecer as questões de interoperabilidade.

Por fim, pretendeu-se esclarecer o tempo e os custos despendidos com os pedidos de esclarecimento, em cada etapa do questionário.

3.4 ENTREVISTAS PESSOAIS

Para a recolha dos dados recorreu-se a entrevistas pessoais, as quais tiveram como recurso o questionário e desenvolveram-se através de uma conversa livre em torno do tema. A escolha desta técnica tem como objectivo a verificação e o aprofundamento de informações relacionadas com o tema.

3.5 ANÁLISE E DISCUÇÃO DAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS UTILIZANDO O SPSS v17

Os inquéritos foram realizados entre Julho de 2009 e Janeiro de 2010, através de entrevistas pessoais, e, em seguida, foram inseridas todas as respostas recolhidas numa base de dados para serem estudadas estatisticamente com recurso ao programa “*Statistical Package for the Social Sciences*” – SPSS, versão 17, e, finalmente, discutidas.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 INTRODUÇÃO

Recolhidas as respostas aos questionários, torna-se necessário passar à fase do seu estudo com o objectivo de descrever os motivos que levam ao incumprimento de prazos e às perdas de material e de esclarecer a responsabilidade de cada causa. Assim, Majid e McCaffer (1998) propuseram uma divisão dos atrasos, quanto à sua avaliação, em 3 vertentes:

- Atrasos compensados;
- Atrasos não desculpáveis;
- Atrasos desculpáveis.

Da mesma forma, Moura (2003), parafraseado por Couto, Teixeira e Moura (2005), sugeriu uma classificação de atrasos quanto à sua origem:

- Imputáveis ao Dono de Obra;
- Imputáveis ao Empreiteiro;
- Imputáveis a Terceiros.

Os atrasos atribuídos ao Dono de Obra resultam “da introdução de alterações unilaterais ao contrato, de erros e omissões do projecto, de incumprimentos por parte do Dono de Obra no que respeita a atrasos nos pagamentos, ou na disponibilização de elementos do projecto, ou da indisponibilidade de terrenos para execução da obra” (Moura (2003), parafraseado por Couto, Teixeira e Moura, 2005).

Os atrasos cuja responsabilidade é do Empreiteiro derivam “da falta de enquadramento técnico ou logístico, da mobilização tardia das equipas, de deficiências ao nível da gestão e organização, da falta de recursos ao nível de pessoal e de equipamentos, de falhas de fornecedores e/ou de subempreiteiros, de atrasos que podiam ser previstos ou antecipados, da responsabilidade de terceiros, ou até de opção estratégica no sentido de retardar a execução

dos trabalhos, optando por assumir as penalizações contratuais, mas desviando os seus meios para outras obras prioritárias” (Moura (2003), parafraseado por Couto, Teixeira e Moura, 2005).

Os atrasos imputáveis a terceiros provêm de “casos de força maior, imprevistos ou fortuitos, que podem resultar de actos de terceiros (guerra, rebelião, terrorismo, tumultos populares, rixas, vandalismo ou similares), situações naturais (condições climatéricas anormais, sismos, inundações, raio, furacões), situações incontroláveis (greves, epidemias, ou pragas de animais), ocorrência de acidentes graves e inesperados (explosões, contaminação por material radioactivo, produtos químicos ou tóxicos)” (Moura (2003), parafraseado por Couto, Teixeira e Moura, 2005).

Alguns erros dimanam do modelo de estrutura de muitos gabinetes de arquitectura e de engenharia, os quais poderão redundar em incompatibilidades e falta de rigor (Couto e Teixeira, 2006). Como tal, há que considerar, também, os atrasos imputáveis ao Projectista, os quais derivam das incompatibilidades e da falta de rigor na definição e especificação dos projectos de execução.

Em síntese, quanto à origem, os atrasos podem ser:

- Imputáveis ao Dono de Obra;
- Imputáveis ao Projectista;
- Imputáveis ao Empreiteiro;
- Imputáveis a Terceiros.

Os atrasos são considerados como compensados ao Empreiteiro (classificação utilizada na discussão do trabalho) quando a sua causa resulta da negligência do Dono de Obra (Sweet, 1977). Eles podem ser causados por erros e omissões por parte do Dono de Obra, como alterações de projectos, suspensão de trabalhos e falhas no fornecimento de informações vitais ao Empreiteiro (Sweet (1977), parafraseado por Kraiem e Diekmann,

1987). Para este tipo de atrasos, o Empreiteiro tem direito a uma prorrogação do prazo e a uma indemnização pelos custos adicionais associados com o atraso (Lee (1983), parafraseado por Kraiem e Diekmann, 1987). No entanto, o Empreiteiro deve demonstrar que o atraso foi “despropositado” e provar a extensão dos custos adicionais envolvidos (Clough (1975), Kraiem e Diekmann, 1987).

Kraiem e Diekmann (1987) afirmaram que os atrasos resultantes de acções e/ou omissões do Empreiteiro, dos seus subempreiteiros, da sua mão-de-obra, ou dos seus fornecedores são considerados não desculpáveis (classificação utilizada na discussão do trabalho). Para estes atrasos, o Empreiteiro não é compensado por parte do Dono de Obra, não tendo direito nem a indemnização nem a prorrogação dos prazos.

Segundo Sweet (1977), parafraseado por Kraiem e Diekmann (1987), os atrasos que não são imputáveis a nenhum dos intervenientes, quer ao Empreiteiro, quer ao Dono de Obra, e que resultem de eventos imprevistos, eventos fora do controlo do Dono de Obra e eventos de irresponsabilidade, são considerados desculpáveis (classificação utilizada na discussão do trabalho).

4.2 PERFIL DOS ENTREVISTADOS

A cada fase, procurou-se, preferencialmente, entrevistar as pessoas que estão actualmente envolvidas directamente com cada uma das secções avaliadas. Dessa forma, na fase de concurso, pretendeu-se entrevistar Comerciais, na fase de preparação da obra, Preparadores de Obra e, na fase de execução da obra, Directores de Obra. No entanto, pela experiência profissional adquirida, os entrevistados tiveram a oportunidade de responder a partes do questionário que estão para além das suas actuais competências funcionais.

Dos 62 questionários realizados, alcançou-se um total de 27 respostas à Fase de Concurso, 32 respostas à Fase de Preparação e 30 respostas à Fase de Execução da Obra.

Segundo a análise da Figura 4.1, pode constatar-se que em todas as fases foi dada oportunidade de resposta a pessoas que não actuavam directamente na etapa inquirida. Encontram-se nesta condição o Adjunto de Director da Obra, o Preparador de Obra, o Director de Segurança, Qualidade e Ambiente e o Director de Contrato/Director de Divisões de Obras, na Fase de Concurso. Da mesma forma, estão na mesma posição o Medidor/Orçamentista, o Comercial e o Director de Segurança, Qualidade e Ambiente, quer na Fase de Preparação da Obra, quer na Fase de Execução da Obra.

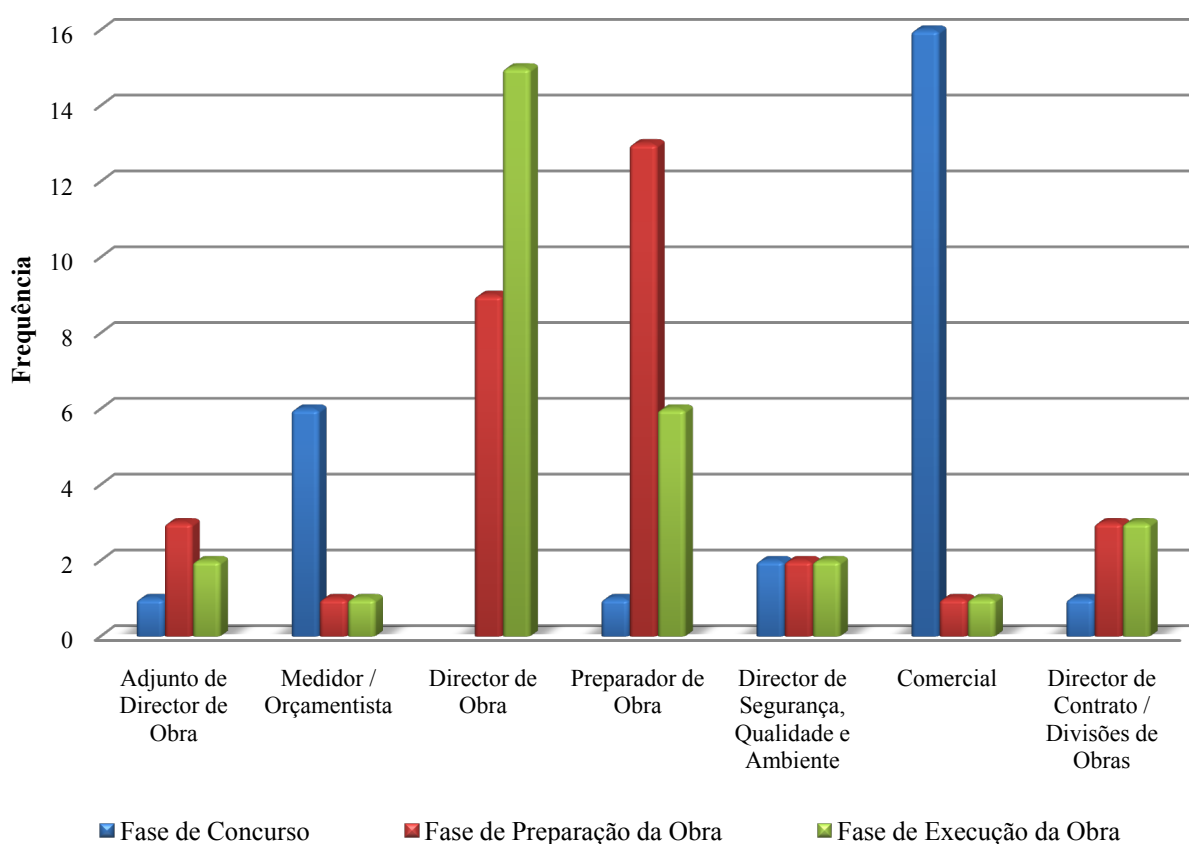


Figura 4.1 – Função que desempenha actualmente na empresa

A oportunidade destes entrevistados participarem no estudo proveio de terem adquirido experiência profissional, na fase em questão, antes de desempenharem as suas actuais funções.

No entanto, as funções predominantes são as que estão directamente relacionadas com a fase em questão: na Fase de Concurso são a do Medidor/Orçamentista e a do Comercial; na

Fase de Preparação da Obra passam a ser a do Preparador de Obra e a do Director da Obra; e na Fase de Execução da Obra é a do Director de Obra.

Segundo a análise da Figura 4.2, pode deduzir-se que as respostas vêm de pessoas que, presumivelmente, conhecem muito bem os processos, as estratégias de negócio e as dificuldades e aptidões da empresa. Acrescente-se ainda que, os respondentes da Fase de Concurso, estão na empresa, em média, há 9 anos e 8 meses, os da Fase de Preparação da Obra, há 8 anos e 2 meses, sendo que os da Fase de Execução da Obra estão na empresa, em média, há 9 anos e 11 meses.

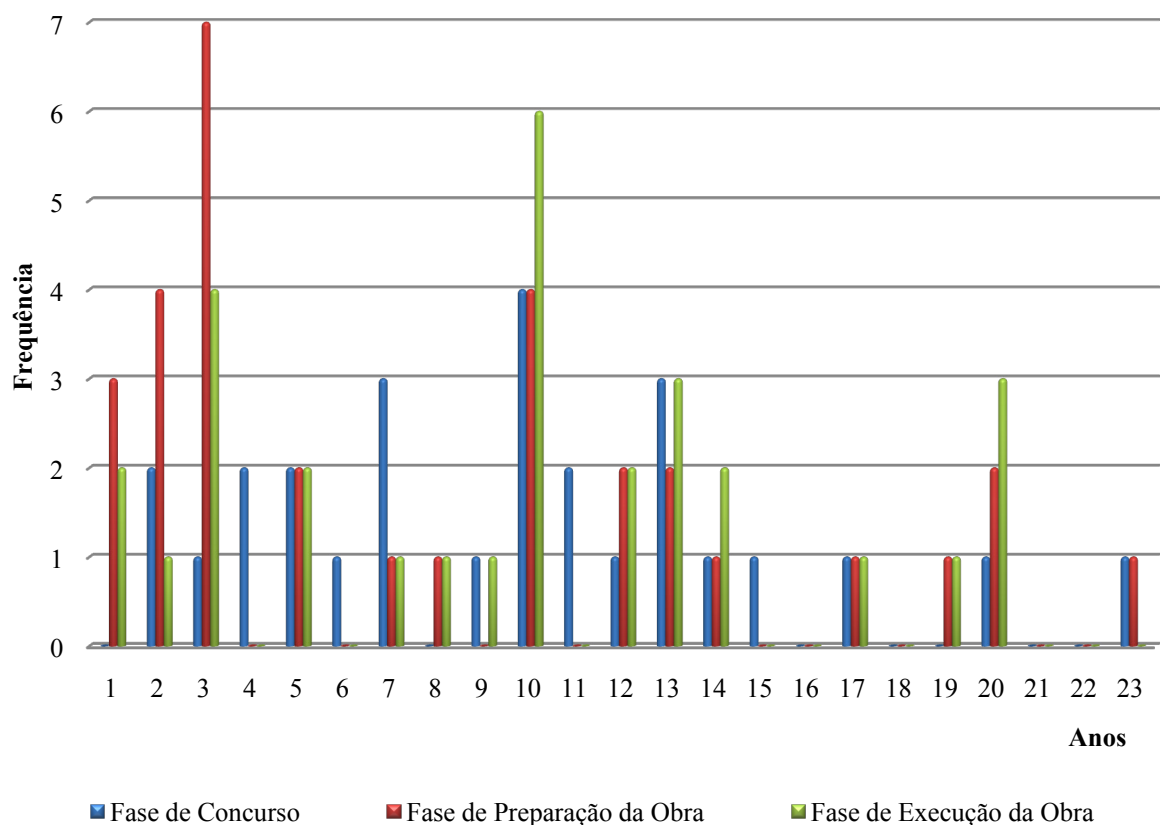


Figura 4.2 – Tempo que desempenha funções na empresa

Igualmente se pode concluir, através da figura abaixo, que os entrevistados são já pessoas experientes e, portanto, bons conhecedores da função que actualmente realizam, tendo em conta o número de anos de desempenho nesses cargos.

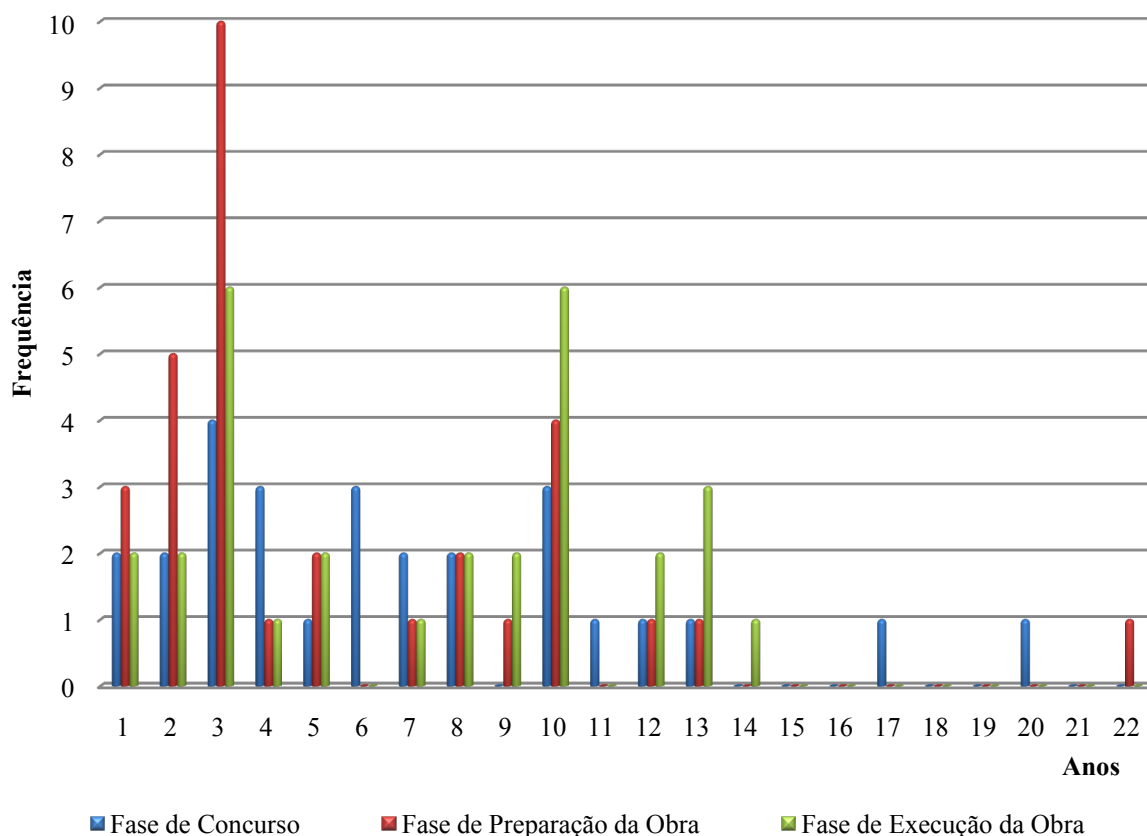


Figura 4.3 – Tempo que desempenha a actual função na empresa

4.3 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE

A análise do questionário é dividida em 3 secções:

- Fase de Concurso;
- Fase de Preparação da Obra;
- Fase de Execução da Obra.

Na Fase de Concurso são avaliadas 5 causas que poderão propiciar atrasos, quer na própria fase de concurso, quer em fases posteriores. As causas avaliadas são:

- Interações entre vários intervenientes (Dono de Obra, Comerciais, Arquitectos, Engenheiros, Subempreiteiros);
- Aprovação de desenhos;
- Burocracia;

- Escassez de detalhes de projectos;
- Legislação actual.

Na Fase de Preparação da Obra são avaliadas 8 causas que poderão proporcionar atrasos, quer na própria fase de preparação, quer na fase de execução da obra. As causas avaliadas são:

- Interacções entre vários intervenientes (Preparadores, Arquitectos, Engenheiros, Subempreiteiros);
- Mudança e revisão de projecto;
- Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais;
- Contradições entre documentos;
- Preparação, submissão e aprovação de desenhos;
- Erros de trabalhadores;
- Burocracia;
- Incompatibilidade entre projectos.

Na Fase de Execução da Obra são avaliadas causas que propiciam perdas de material e atrasos. Quanto às que se referem a perdas de material, as 10 causas consideradas são:

- Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais;
- Mudança e revisão de projecto;
- Erros em informações sobre tipos e especificações de determinados materiais;
- Pedidos de material que não correspondem ao requerido no projecto;
- Pedidos de material por excesso devido a erros de aceção de quantidade;
- Pedidos de material por excesso devido a falta de coordenação entre o armazém e as equipas de construção;

- Danificação ou destruição de material devido a deficiente armazenamento e tratamento;
- Planeamento imperfeito;
- Erros de trabalhadores;
- Falta de controlo de material no estaleiro.

Quanto às que se referem a atrasos, as 18 causas consideradas são:

- Interacções entre vários intervenientes;
- Retrabalho devido a mudança e revisão de projecto;
- Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais;
- Erros em informação sobre tipos e especificações de materiais;
- Existência de contradições entre documentos;
- Atrasos na aprovação de desenhos;
- Atrasos no fornecimento de material;
- Recepção de material que não corresponde totalmente ao especificado em projecto e que tem de se proceder à sua substituição;
- Atrasos no transporte e/ou instalação de equipamento;
- Escassez de equipas;
- Planeamento geral irrealista;
- Retrabalho devido a erros de trabalhadores;
- Escassez de equipamentos;
- Acidentes devido à falta de segurança;
- Cash flow irregular;
- Condições meteorológicas adversas;
- Burocracia;
- Condições locais imprevisíveis.

Os inquiridos que responderam muito relevante ou extremamente relevante a cada uma das causas anteriormente descritas, indicaram, para cada, os recursos e o tempo envolvidos para a resolução desse problema, a frequência da sua ocorrência e o impacto no custo total do empreendimento. Avaliadas as causas inerentes a cada etapa, os entrevistados foram auscultados sobre as ferramentas informáticas utilizadas em cada uma das fases. Mais tarde, aos participantes neste estudo foi perguntado qual o seu entendimento sobre os pedidos de esclarecimento existentes em cada fase.

4.4 FASE DE CONCURSO

Segundo o último parágrafo do Capítulo 4.1 e a opinião recolhida das entrevistas, as causas estudadas foram classificadas quanto à sua origem, como mostra a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Origem das causas na Fase de Concurso

Causa	Atrasos Compensados		Atrasos Não Desculpáveis	Atrasos Desculpáveis
	Imputáveis ao Dono de Obra	Imputáveis ao Projectista	Imputáveis ao Empreiteiro	Imputáveis a Terceiros
<i>Interacção entre vários intervenientes</i>	×	×	×	
<i>Aprovação de desenhos</i>	×			
<i>Burocracia</i>	×		×	
<i>Escassez de detalhes de projecto</i>		×		
<i>Legislação actual</i>			×	

Em regra, todos os intervenientes contribuem para as causas que proporcionam atrasos, na Fase de Concurso. No entanto, pretende inferir-se as que implicam uma maior dilatação do prazo e as que detêm maior impacto no custo total da obra, bem como alertar os responsáveis para a utilização de ferramentas que permitam eliminá-las ou atenuá-las.

Estas causas foram avaliadas pelos entrevistados segundo uma escala ordinal (nada relevante, ligeiramente relevante, moderadamente relevante, muito relevante e extremamente relevante). Através de um processo de *rating*, pretende fazer-se uma análise qualitativa de

cada uma, para que se evidenciem as causas com mais importância para os entrevistados nesta fase. Esta análise está demonstrada na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Análise das causas na Fase de Concurso

Causa	Muito Relevante + Extremamente Relevante (%)	Média	Desvio Padrão	Missing Values (%)
<i>Interacções entre vários intervenientes</i>	44	3,37	0,967	0
<i>Aprovação de desenhos</i>	52	3,73	1,116	4
<i>Burocracia</i>	48	3,27	1,116	4
<i>Escassez de detalhes de projectos</i>	85	4,26	0,712	0
<i>Legislação actual</i>	70	3,93	0,829	0

Pela análise da tabela acima, pode constatar-se que os problemas estudados são relevantes para o processo de formação de contratos. No entanto, as que evidenciam maior relevância são a escassez de detalhes de projectos e a legislação actual (Figura 4.4), apesar das outras 3 causas apresentarem uma percentagem de respostas muito relevante ou extremamente relevante, com perto de 50%.

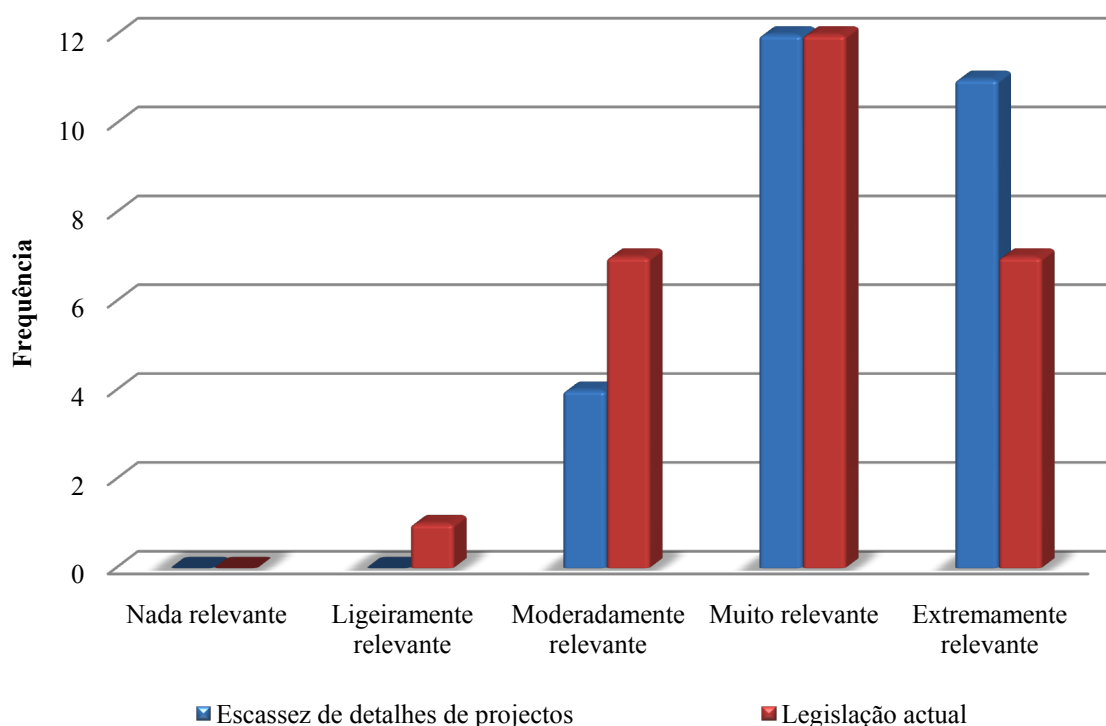


Figura 4.4 – Análise das 2 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Concurso

Interrogados sobre eventuais atrasos provocados pela escassez de detalhes nos projectos, os 23 entrevistados, que consideraram esta questão muito relevante ou extremamente relevante (Figura 4.4), manifestaram ainda o desagrado pelo facto dos projectos estarem frequentemente incompletos relativamente a pormenorizações. Estes resultados parecem semelhantes aos obtidos no estudo realizado por Couto, Teixeira e Moura (2005). Os entrevistados alegaram ainda que se confrontavam com esta situação frequentemente, referindo ainda que é despendido muito tempo e estão envolvidos muitos recursos humanos para a resolução desta questão. Assim, e segundo aqueles, estas circunstâncias poderão manifestar muito impacto no custo total da obra. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.5.

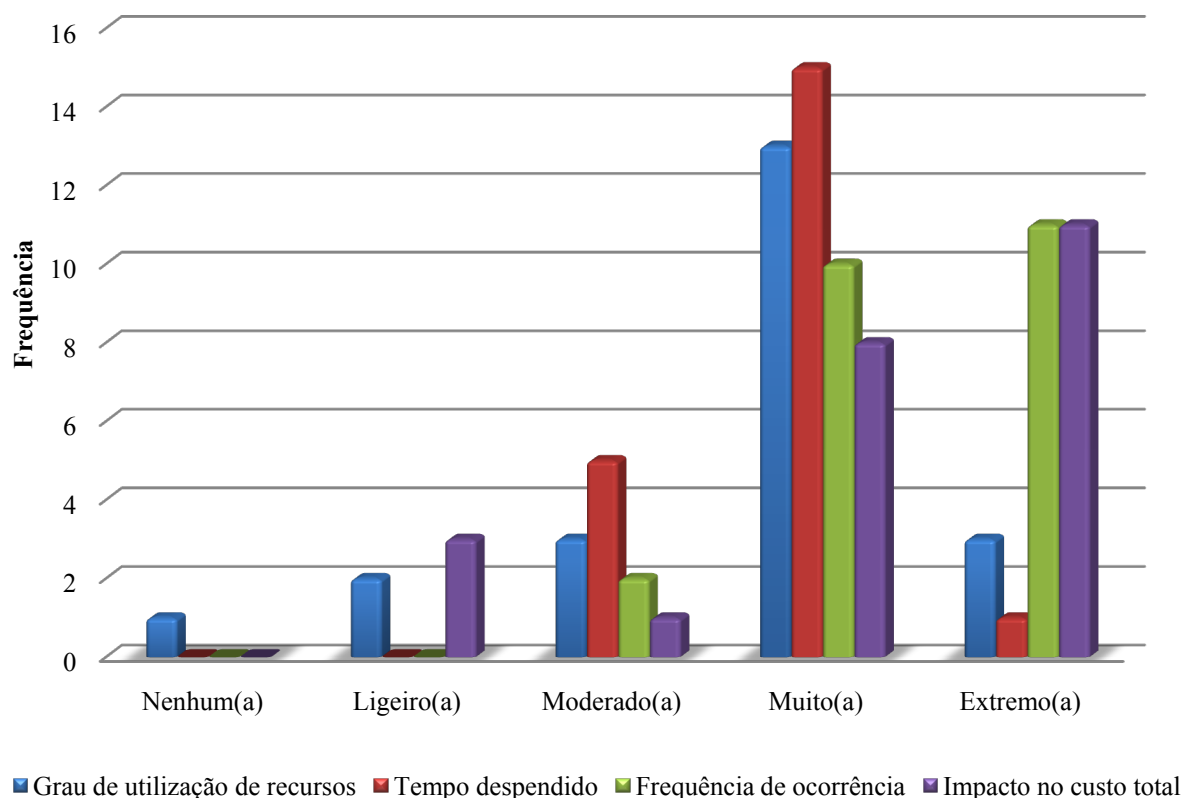


Figura 4.5 – Impacto da escassez de detalhes de projecto na Fase de Concurso ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total

No que toca à legislação actual, os inquiridos dizem que a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 18/2008, nomeadamente do capítulo referente aos erros e omissões, é a

principal razão pela qual consideram esta causa relevante. Segundo o Decreto-Lei n.º 18/2008, “o empreiteiro é responsável pelos trabalhos de suprimento de erros e omissões cuja detecção era exigível na fase de formação do contrato”. Note-se que na legislação anterior (Decreto-Lei n.º 59/99 de 2 de Março), “no prazo de 66 dias, ou no que for para o efeito estabelecido no caderno de encargos, de acordo com a dimensão e complexidade da obra, mas não inferior a 15 dias, contados da data da consignação, o empreiteiro poderá reclamar: contra erros ou omissões do projecto e contra erros de cálculo”. Então, segundo a legislação actual, “até ao termo do quinto sexto do prazo fixado para a apresentação das propostas, os interessados devem apresentar ao órgão competente para a decisão de contratar uma lista na qual identifiquem, expressa e inequivocamente, os erros e as omissões do caderno de encargos detectados e que digam respeito a:

- a) Aspectos ou dados que se revelem desconformes com a realidade; ou
- b) Espécie ou quantidade de prestações estritamente necessárias à integral execução do objecto do contrato a celebrar; ou
- c) Condições técnicas de execução do objecto do contrato a celebrar que o interessado não considere exequível.”

Os inquiridos acrescentam que o novo Código dos Contratos Públicos originou um risco acessório para os empreiteiros, uma vez que, segundo a legislação corrente, estes são responsáveis pelos trabalhos de suprimento de erros e omissões cuja detecção é exigível na fase de formação de contrato. Os 19 auscultados que afirmaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante no processo de formação de contrato (Figura 4.4) acrescentaram que se confrontavam com esta contrariedade com muita frequência. Adiantam ainda que é despendido algum tempo e são envolvidos muitos recursos humanos para a resolução deste obstáculo. Segundo eles, esta situação implica, também aqui, muito impacto no custo total do empreendimento. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.6.

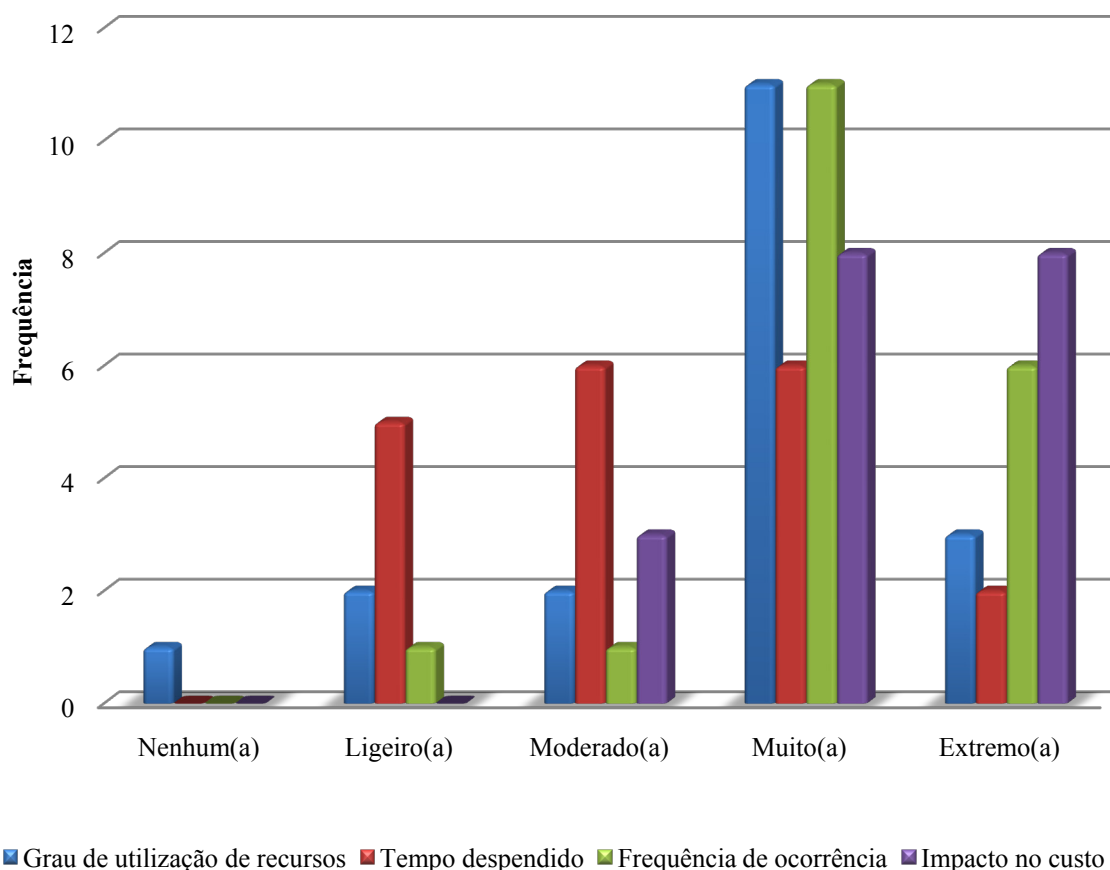


Figura 4.6 – Impacto da legislação actualmente em vigor na Fase de Concurso ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total

Verifica-se que, pela semelhança de resultados, a escassez de detalhes de projecto e a legislação actualmente em vigor se poderão relacionar uma com a outra, sendo que para a segurança do empreiteiro, relativamente aos erros e omissões, são necessários projectos mais detalhados.

4.4.1 PEDIDOS DE ESCLARECIMENTO

Este tipo de situações poderão motivar o Empreiteiro a efectuar vários pedidos de esclarecimento. No entanto, pela leitura da Figura 4.7, não haverá, normalmente, mais do que 10 pedidos de informação, sendo que, por vezes, este valor poderá aumentar, dependendo do tipo e da dimensão de cada empreitada.

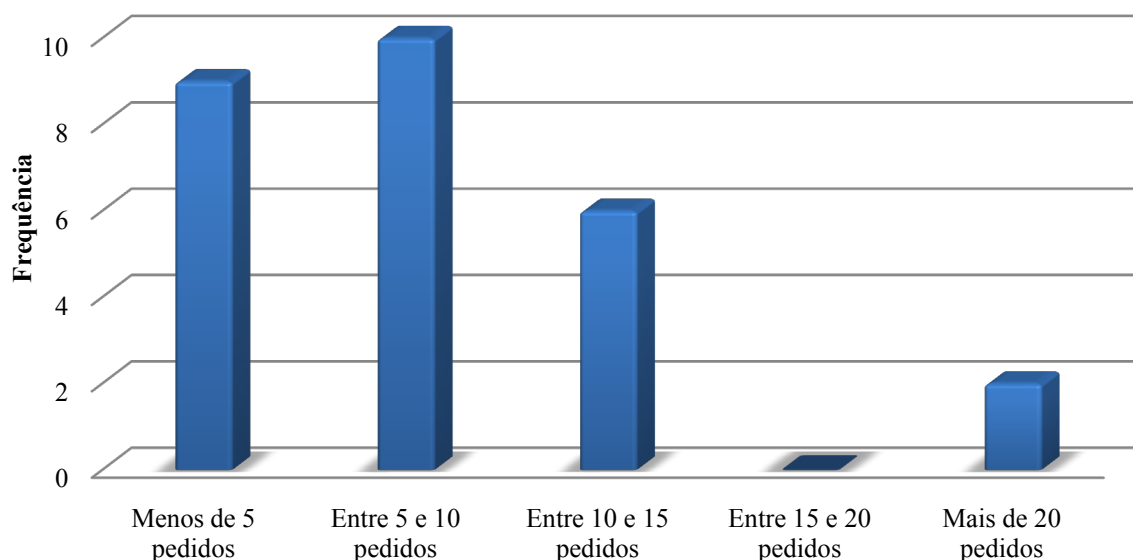


Figura 4.7 – Número médio de pedidos de esclarecimento por obra na Fase de Concurso

Ao abrigo da legislação corrente, no que respeita aos erros e omissões, era espectável que nesta fase ocorressem mais pedidos de esclarecimento por parte do Empreiteiro ao Dono de Obra. Poderá considerar-se que esta situação está relacionada com o curto período para a formação da proposta. Face à fraca qualidade dos projectos, invocada pelos empreiteiros, é esperado que em fases posteriores sucedam mais pedidos de esclarecimento

Note-se que, geralmente, a formalização de cada pedido de esclarecimento não demora mais do que 45 minutos, no entanto, consoante o tipo e a complexidade de cada pedido, o tempo despendido para a sua execução pode ultrapassar os 60 minutos (Figura 4.8).

Segundo as pessoas entrevistadas, a responsabilidade da sua execução recai sobre o Orçamentista ou sobre o Director Comercial. Acrescentam ainda que os pedidos de esclarecimento são expostos por fax ou por e-mail à entidade indicada no programa do procedimento.

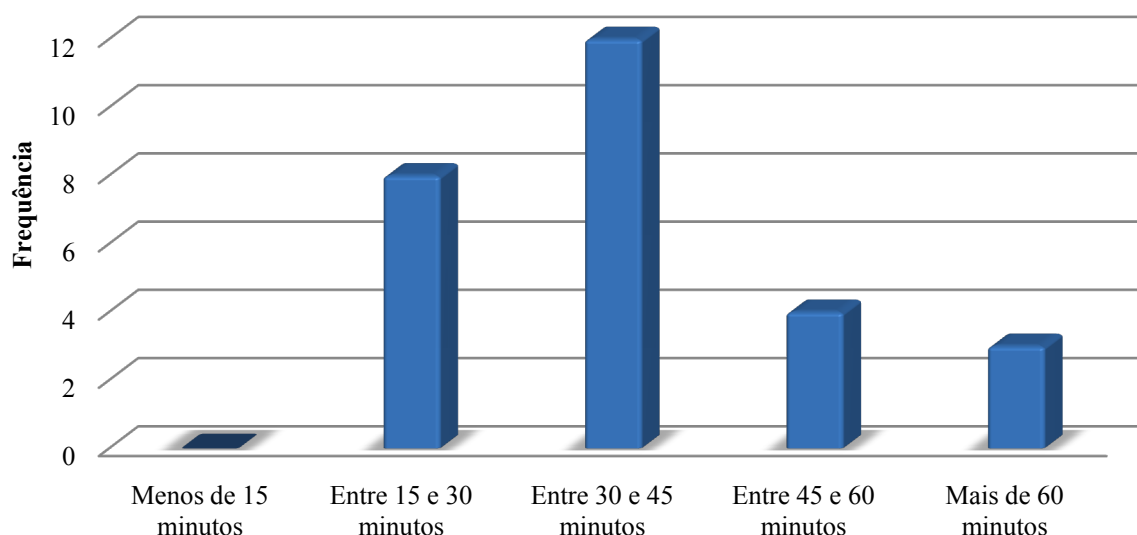


Figura 4.8 – Tempo médio despendido para executar cada pedido de esclarecimento na Fase de Concurso

Os esclarecimentos solicitados pelos empreiteiros são apresentados pela entidade indicada no programa do procedimento, em média, 1 semana depois da formulação do pedido. Contudo, tal como na execução do pedido de esclarecimento efectuado pelo Empreiteiro, o tempo de espera pode aumentar, conforme o tipo e a complexidade de cada solicitação (Figura 4.9). Os respondentes manifestam ainda que, pontualmente, algumas solicitações não são retribuídas.

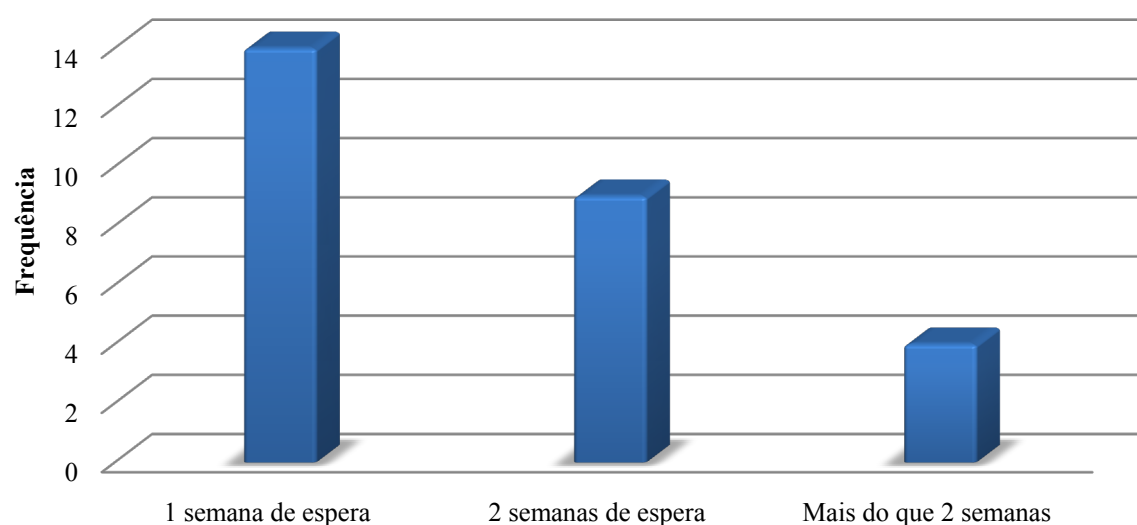


Figura 4.9 – Tempo médio para se obter uma resposta satisfatória aos pedidos de esclarecimento na Fase de Concurso

No cômputo geral dos pedidos de esclarecimento, na pior das situações (20 pedidos de esclarecimento; 60 minutos a executar cada pedido; 2 semanas de espera para obter uma resposta), o Empreiteiro demorará 1200 minutos a executar todos os pedidos de esclarecimento e 2 semanas para obter uma resposta satisfatória aos pedidos. Ao todo, o exercício referente aos pedidos de esclarecimento consome 2 semanas e meia de trabalho, facto que não age em benefício da obra.

4.4.2 POTENCIAL BENEFÍCIO DA UTILIZAÇÃO DO BIM

A legislação actualmente em vigor provocou a necessidade dos Empreiteiros possuírem equipas que analisem os projectos e os compatibilizem, para evitar erros e omissões, bem como a consequente responsabilização pelos demais. No entanto, seria benéfico para eles que os projectos lhes fossem entregues bem detalhados.

Por outro lado, pelas entrevistas, comprovou-se que os intervenientes não cooperam em todas as fases da realização de um empreendimento, o que culminou na elaboração da Tabela 4.3, que se refere à participação de cada interveniente nas várias fases.

Tabela 4.3 – Participação de cada interveniente nas várias fases

Fase	Dono de Obra	Projectista	Empreiteiro
<i>Concepção/Projecto</i>	+++	+++	–
<i>Concurso</i>	+++	+	+++
<i>Preparação</i>	++	–	+++
<i>Execução</i>	++	–	+++

Legenda: +++ muito participativo; ++ moderadamente participativo; + pouco participativo; – nada participativo

Ao nível do processo colaborativo, pode inferir-se a existência de uma clivagem da Concepção/Projecto para as fases posteriores, embora na Fase de Concurso ainda haja alguma participação por parte do Projectista. Tem-se, então, dois processos colaborativos:

- Antes da Fase de Concurso – Processo colaborativo composto pelo Dono de Obra e o Projectista;
- Depois da Fase de Concurso – Processo colaborativo composto pelo Dono de Obra e o Empreiteiro.

Este é o método que vigora actualmente em Portugal, o qual não beneficia o valor e a qualidade do empreendimento. A actividade da construção é um processo complexo, envolvendo muitos intervenientes, os quais necessitam de um ambiente colaborativo entre todos. Por outras palavras, seria de elevada importância para a realização de qualquer empreendimento a participação do Empreiteiro desde o início do projecto, e não apenas em obras de Concepção/Construção, e a do Projectista até ao fim da execução, e não somente em situações excepcionais. O facto de o Projectista ter um papel pouco activo em fases de execução pode dever-se a duas circunstâncias:

- Remuneração somente pela realização dos projectos de concepção;
- Não responsabilização pelos erros e omissões.

Esta situação não traz benefícios para a gestão do empreendimento. Será necessário colmatar estas falhas, propondo-se, para tal, 3 medidas:

- Remunerar os Projectistas pela realização dos projectos de concepção e pelo acompanhamento da execução dos empreendimentos;
- Responsabilizar o Projectista e o Empreiteiro pelos erros e omissões; a este último já acontece ao abrigo do novo Decreto-Lei;
- Utilizar plataformas informáticas que facilitem o Dono de Obra na gestão dos empreendimentos, permitindo um ambiente colaborativo eficaz entre todos os intervenientes – uma das soluções são as ferramentas *BIM*.

Seria então uma mais-valia para a indústria da construção a adopção de ferramentas *BIM* na resolução dos vários problemas detectados nesta fase, aumentando a segurança dos empreiteiros e, simultaneamente, criando valor ao empreendimento.

O modelo *BIM* de um projecto é composto por elementos gráficos (plantas, pormenorizações, imagens tridimensionais, cortes e alçados) e elementos não-gráficos (descrições, instruções, cálculos e estimativas de custos). Estes elementos relacionam-se entre si e estão automatizados. Assim sendo, qualquer alteração realizada no modelo afecta todos os desenhos relacionados e vice-versa, resultando daí uma geração e actualização automática de documentos.

Com o *BIM*, os projectos serão inevitavelmente mais detalhados, não só devido à informação que está imputada ao modelo mas também pela automatização dos seus elementos, contribuindo, por exemplo, para a eliminação da causa referente à escassez de detalhes de projectos na Fase de Concurso. Além de serem mais pormenorizados, os projectos são também compatibilizados, sendo este um dos grandes benefícios desta ferramenta. A grande premissa é a articulação das equipas que participam na realização de uma obra. A título de exemplo, o Tribunal de Contas (2009) revela que uma das causas que motivou um desvio financeiro na ordem dos 37.101.238 € (128,92%), na construção da Ponte Rainha Santa Isabel, foi a “falta de articulação entre as entidades envolvidas no projecto”.

O ambiente colaborativo do *BIM* poderá eliminar os erros provenientes da ineficiente interacção entre todos os intervenientes e facilitar o Dono de Obra a tomada de decisões e a gestão do empreendimento. As aplicações avançadas *BIM* oferecem soluções integradas de comunicação e partilha de dados entre todos os envolvidos no projecto. Para tal, é necessário, apenas, implementar tecnologia de partilha de dados, que permita uma comunicação suficientemente eficaz nesta abordagem colaborativa.

A informação armazenada no modelo *BIM* pode ser partilhada em muitos formatos de arquivo entre os membros da equipa do projecto e membros externos. Entre outros, os formatos mais relevantes são:

- *IFC (Industry Foundation Classes)* – é uma estrutura padrão universal que permite a transferência de informação e interoperabilidade em todas as fases do ciclo de vida de todo o empreendimento;
- *DXF-DWG (Autocad Drawing)* – é um formato de arquivo de dados *CAD* desenvolvido pela Autodesk que permite a interoperabilidade de dados entre o AutoCAD e outros programas;
- *PDF (Portable Document Format)* – é um formato de arquivo que representa independente do software, hardware e sistema operativo utilizado;
- *XML (Extensible Markup Language)* – é uma linguagem que representa um conjunto de regras para a codificação de documentos via electrónica.

O ambiente colaborativo e o nível de detalhe dos projectos irão atenuar os pedidos de esclarecimento, dada a facilidade de comunicação, despendendo, provavelmente, menos tempo na obtenção da resposta. Contudo, é de prever que, com a utilização do *BIM*, haja um acréscimo do número de pedidos de esclarecimento na Fase de Concurso, motivado pela eficiente comunicação entre as partes, diminuindo o número de ocorrências em fases posteriores.

O *BIM* promove ainda um trabalho de equipa seguro, organizado, transparente e controlável por todos os intervenientes. A equipa, através deste ambiente, tem a possibilidade de trabalhar no mesmo projecto simultaneamente, onde os seus membros têm funções e direitos específicos, de consultar o estado actual do projecto e de rever as actualizações ou as modificações feitas pela equipa de projecto.

O modelo de informação *BIM* constitui uma base de informação ao dispor de todos os intervenientes do projecto, aumentando à medida que o projecto passe pelas diferentes etapas do empreendimento – concepção, construção e operação (LACCD, 2009).

Consequentemente, os atrasos na aprovação de desenhos, causa imputada ao Dono de Obra, poderão ser reduzidos com a utilização de ferramentas *BIM*, uma vez que esta situação nunca deixará de existir. Também com o *BIM*, irão provavelmente ocorrer mais alterações no projecto numa Fase de Concepção e menos em fases posteriores.

Os atrasos de ordem burocrática são motivados por regras e procedimentos padrões definidos, quer internamente (pela própria empresa), quer externamente (por entidades acreditadoras). Estas situações não são abrangidas pelo *BIM*, podendo haver outras ferramentas que atenuem ou eliminem os atrasos de ordem burocrática.

Tabela 4.4 – Avaliação do potencial do *BIM* como solução para as principais causas de atrasos na Fase de Concurso

Causa	Atenua	Elimina	Não atenua e Não elimina
<i>Interacções entre vários intervenientes</i>		×	
<i>Aprovação de desenhos</i>	×		
<i>Burocracia</i>			×
<i>Escassez de detalhes de projectos</i>		×	
<i>Legislação actual</i>		×	

4.5 FASE DE PREPARAÇÃO

Segundo o último parágrafo do Capítulo 4.1 e a opinião recolhida nas entrevistas, as causas estudadas foram classificadas quanto à sua origem, como mostra a Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Origem das causas na Fase de Preparação

Causa	Atrasos Compensados		Atrasos Não Desculpáveis	Atrasos Desculpáveis
	Imputáveis ao Dono de Obra	Imputáveis ao Projectista	Imputáveis ao Empreiteiro	Imputáveis a Terceiros
<i>Interacções entre vários intervenientes</i>	×	×	×	
<i>Mudança e revisão de projecto</i>	×			
<i>Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>		×		
<i>Contradições entre documentos</i>		×		
<i>Preparação, submissão e aprovação de desenhos</i>	×			
<i>Erros de trabalhadores</i>			×	
<i>Burocracia</i>	×		×	
<i>Incompatibilidade entre projectos</i>		×		

Em regra, todos os intervenientes contribuem para as causas que propiciam atrasos, nesta fase. No entanto, pretende-se inferir as causas que implicam uma maior dilatação do prazo e as que detêm maior impacto no custo total da obra, bem como alertar os responsáveis para a utilização de ferramentas que permitam eliminá-las ou atenuá-las.

Estas causas foram avaliadas pelos entrevistados segundo uma escala ordinal (nada relevante, ligeiramente relevante, moderadamente relevante, muito relevante e extremamente relevante).

Tabela 4.6 – Análise das causas na Fase de Preparação

Causa	Muito Relevante + Extremamente Relevante (%)	Média	Desvio Padrão	Missing Values (%)
<i>Interacções entre vários intervenientes</i>	88	4,28	0,772	0
<i>Mudança e revisão de projecto</i>	97	4,59	0,665	0
<i>Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>	75	3,94	0,759	0
<i>Contradições entre documentos</i>	81	4,09	0,963	0
<i>Preparação, submissão e aprovação de desenhos</i>	59	3,80	1,064	6
<i>Erros de trabalhadores</i>	28	3,14	0,932	13
<i>Burocracia</i>	44	3,25	0,950	0
<i>Incompatibilidade entre projectos</i>	72	4,13	0,833	0

Através de um processo de *rating*, pretende-se fazer uma análise qualitativa de cada uma das causas, para que se evidenciem as que têm maior importância nesta fase. Esta análise está demonstrada na Tabela 4.6.

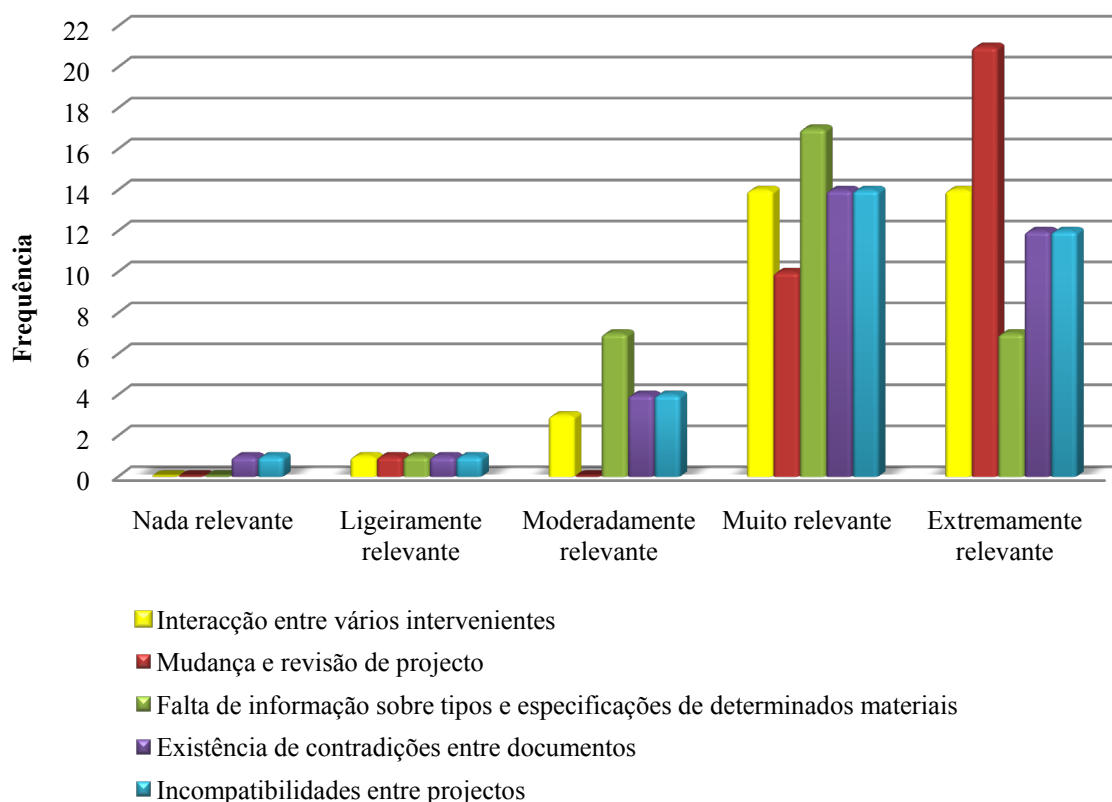


Figura 4.10 – Análise das 5 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Preparação

Pela análise da tabela acima, é possível concluir-se que os problemas estudados, de forma geral, são relevantes para o processo de preparação da obra. No entanto, as questões

que evidenciam maior relevância por parte dos respondentes são a interacção entre vários intervenientes, a mudança e a revisão de projecto, a falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais, a existência de contradições entre documentos e as incompatibilidades entre projectos (Figura 4.10).

Sobre o possível atraso provocado pela fraca ou deficiente interacção entre os vários intervenientes, os entrevistados comentaram que a relevância desta causa depende da dimensão do problema a resolver e do número de solicitações a realizar a quem de direito. Ou seja, quando um problema ocorre com muita frequência, torna-se imperiosa uma melhor interacção entre os vários intervenientes. Presentemente, os empreiteiros entendem que a crescente complexidade dos projectos exige, cada vez mais, eficientes tomadas de decisões e interacções entre todos os intervenientes. Os 28 inquiridos que revelaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante no processo de preparação da obra, não só puseram em destaque a elevada frequência com que se debatem com este problema, com natural impacto no custo total, como também realçaram o dispêndio de muito tempo para a resolução desta dificuldade. Realce-se o facto desta causa ser a que ocorre com maior frequência, nesta fase. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.11.

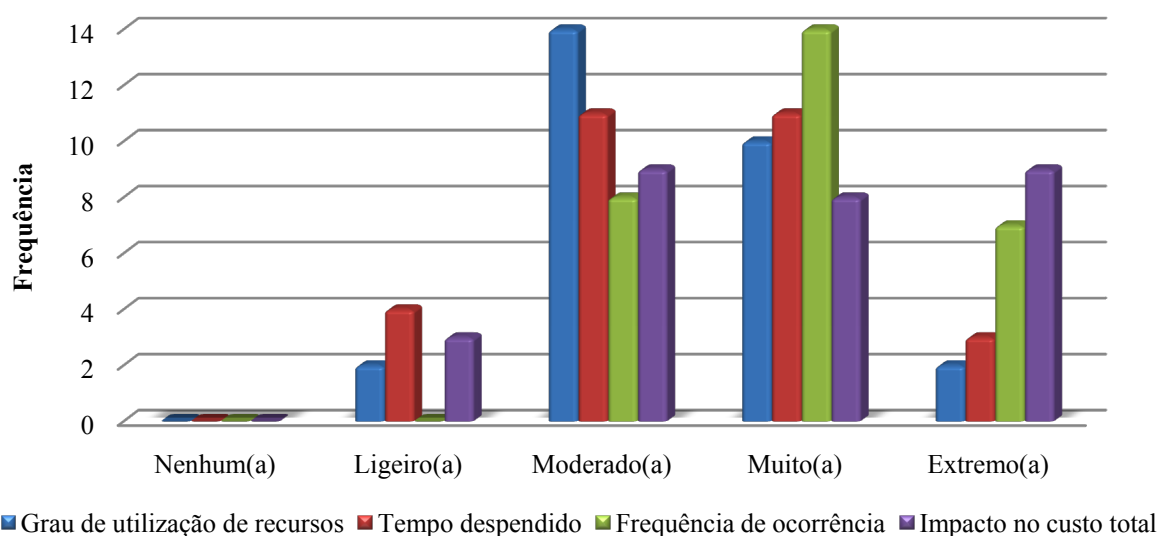


Figura 4.11 – Impacto da ineficiente interacção entre os vários intervenientes na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total

No que toca à mudança e revisão de projecto, e segundo a Figura 4.10, os inquiridos acham que esta causa é a mais relevante nesta fase. Segundo eles, esta é, por norma, imputável ao Dono de Obra, podendo apresentar impactos significativos ao nível do custo total e do planeamento. Os 31 inquiridos que entendem que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante, acrescentaram ainda que ela ocorre com muita frequência e que, na sua resolução, é despendido algum tempo e são envolvidos muitos recursos humanos, levando a uma situação com elevado impacto no custo total. Esta é das causas que apresenta maior grau de utilização de recursos e maior impacto no custo final, nesta fase. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.12.

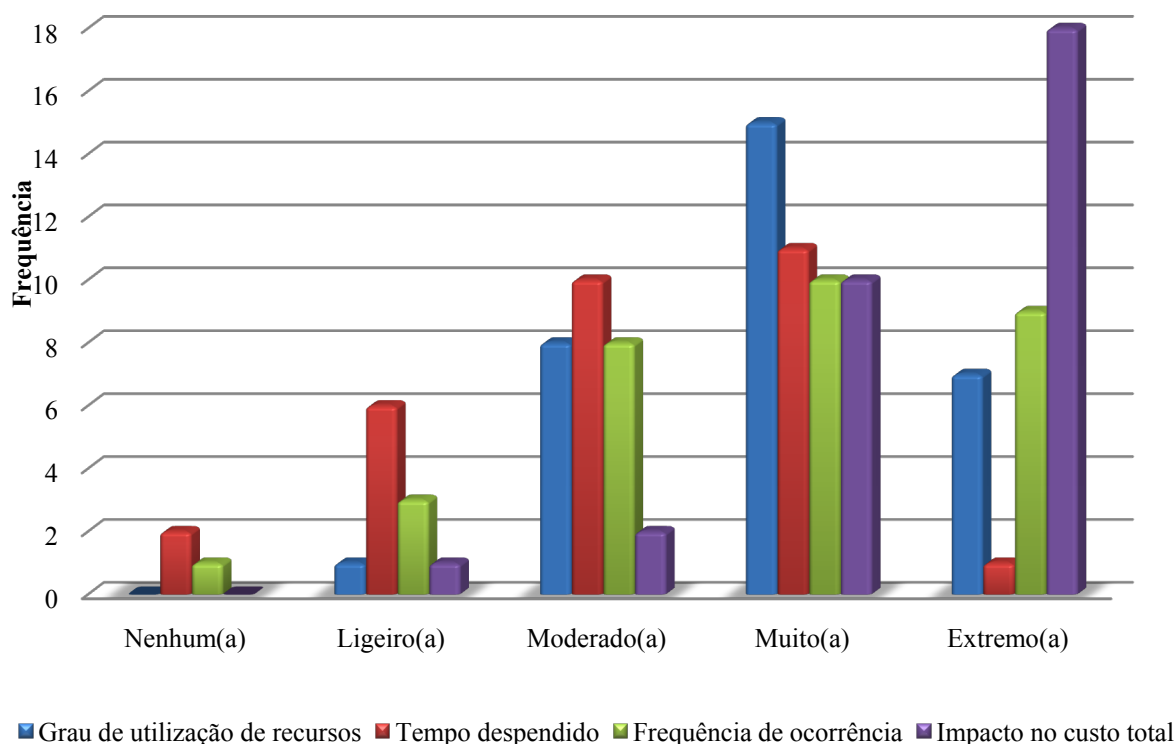


Figura 4.12 – Impacto da mudança e revisão de projecto na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total

Quanto à falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais (Figura 4.10), segundo os inquiridos, é uma causa importante nesta fase, podendo estar relacionada com a falta de qualidade dos projectos. Os 24 inquiridos, que consideraram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante, dado se confrontarem com este

dilema temporariamente, indicaram que não é necessário, no entanto, envolver muitos recursos nem consumir muito tempo. Nestas circunstâncias, esta causa não motiva um impacto significativo no custo total. Do mesmo modo entendem que o impacto desta causa no custo total depende do tipo de informação de material em falta. Se o material em questão for oneroso, naturalmente que terá maior importância no orçamento. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.13.

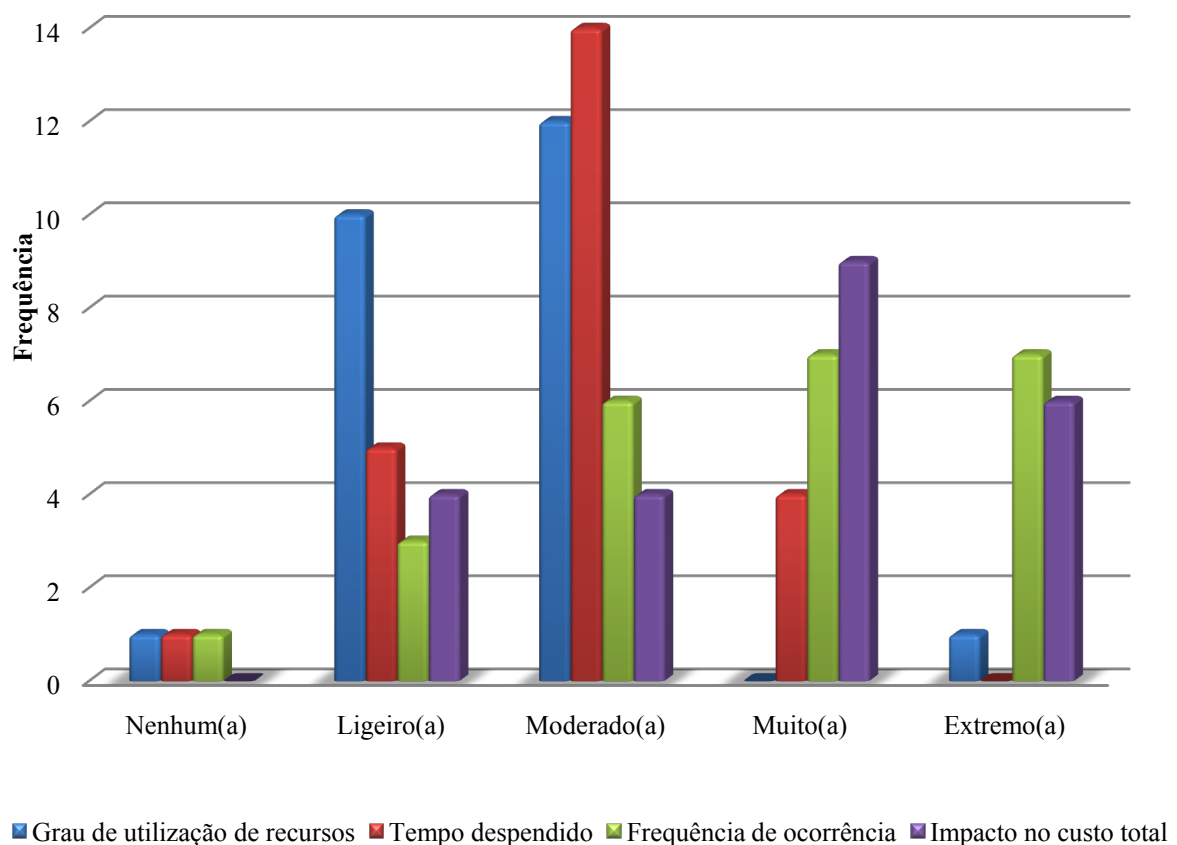


Figura 4.13 – Impacto da falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total

A existência de contradições entre documentos é, segundo os inquiridos, uma causa de grande importância na preparação da obra (Figura 4.10). Os 26 inquiridos, que responderam que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante no processo de preparação da obra, uma vez mais afirmaram a elevada frequência com que se debatem com este embaraço,

cujo impacto no custo total pode ser significativo. Apesar disso, afirmaram que não é despendido muito tempo, nem estão envolvidos muitos recursos humanos para a sua resolução. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.14.

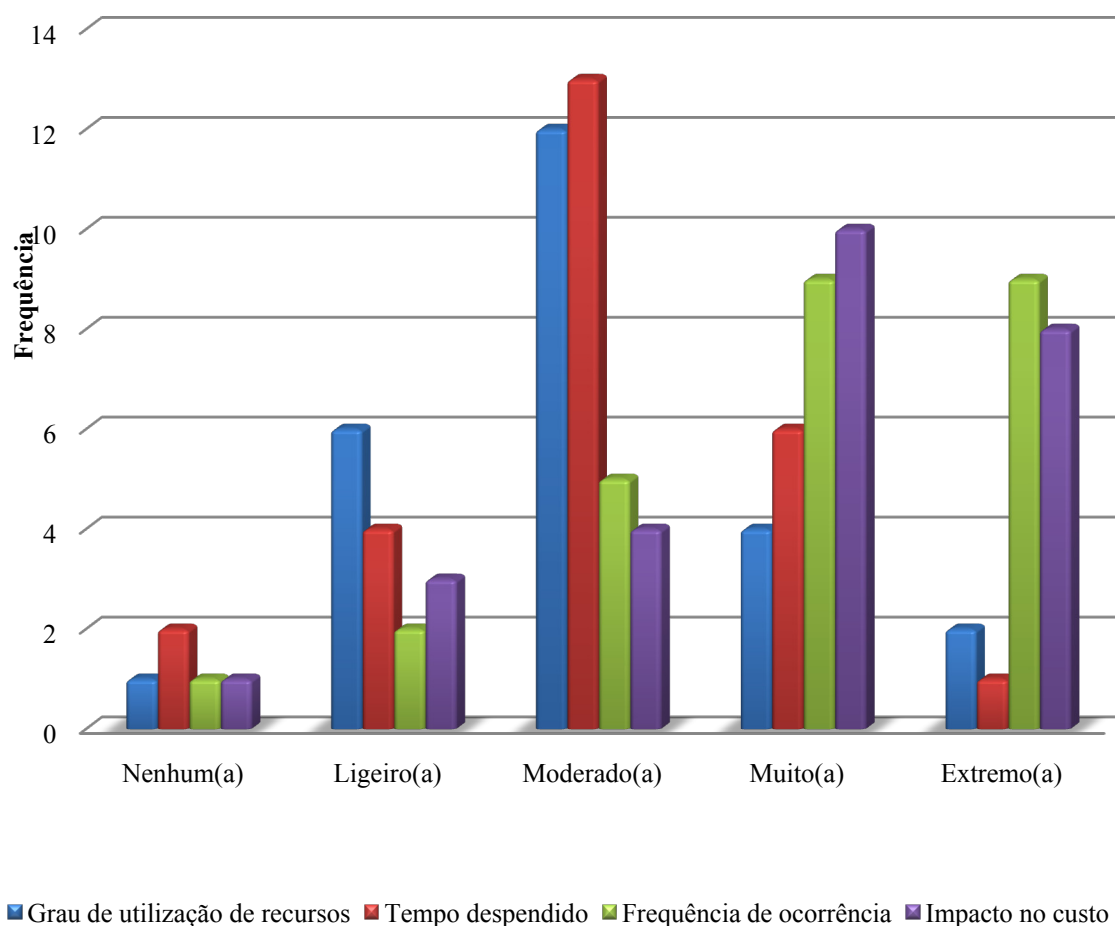
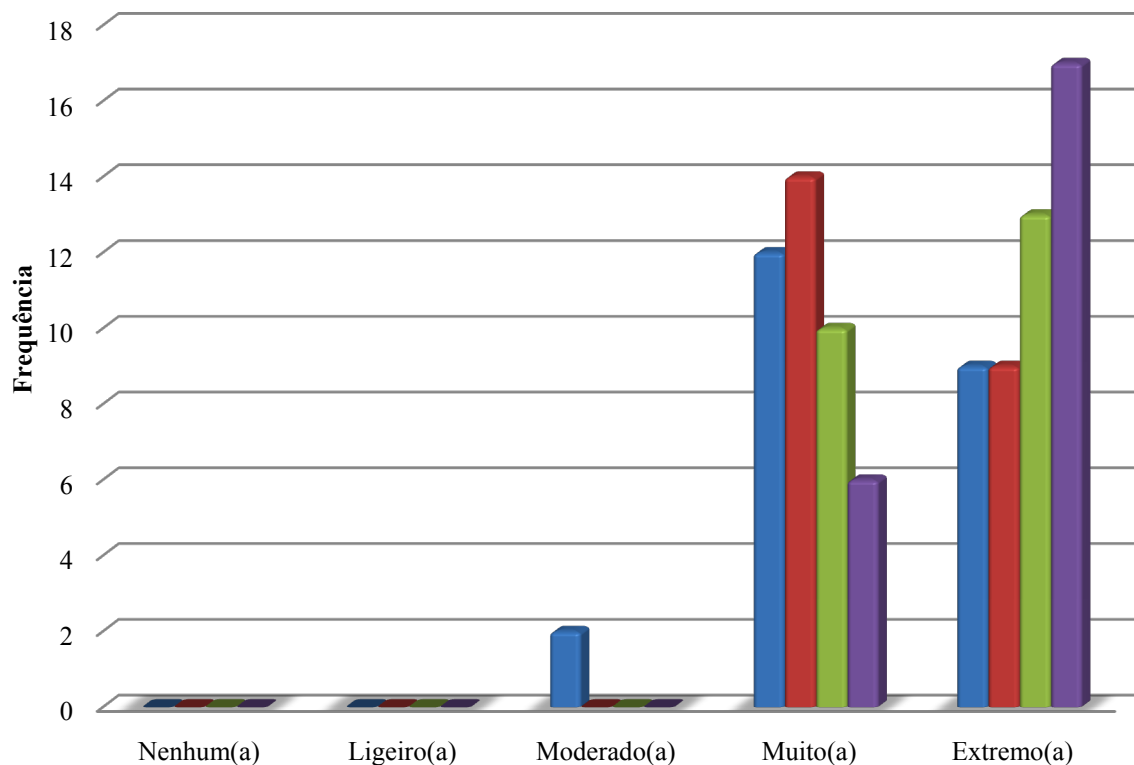


Figura 4.14 – Impacto da existência de contradições entre documentos na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total

Segundo a Figura 4.10, a incompatibilidade entre projectos é das causas mais sonantes na Fase de Preparação da Obra. Alguns respondentes salientaram que esta causa se deve à linearidade com que os projectistas concebem os elementos da solução da obra a realizar e à fraca comunicação entre o Empreiteiro e o Projectista. Os 26 inquiridos que registaram esta causa como sendo muito relevante ou extremamente relevante, consideraram que é muito frequente este problema. Aludiram, também, ao dispêndio de bastante tempo e ao envolvimento de muitos recursos humanos para a resolução desta questão. Assim sendo, e

segundo aqueles, poderá haver uma relação directa desta situação com um eventual agravamento no custo total do empreendimento. Saliente-se o facto de que, nesta fase, esta causa é das que apresenta maior grau de utilização de recursos, maior dispêndio de tempo, maior frequência de ocorrência e maior impacto no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.15.



■ Grau de utilização de recursos ■ Tempo despendido ■ Frequência de ocorrência ■ Impacto no custo total

Figura 4.15 – Impacto das incompatibilidades entre projectos na Fase de Preparação ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total

4.5.1 PEDIDOS DE ESCLARECIMENTO

Das causas anteriormente descritas, as que poderão levar o Empreiteiro a executar vários pedidos de esclarecimento são:

- Mudança e revisão de projecto;

- Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais;
- Existência de contradições entre documentos;
- Incompatibilidades entre projectos.

Tal como indicado na Figura 4.16, existe uma grande variedade de respostas relativamente aos pedidos de informação. Esta diversidade depende do tipo e dimensão de cada obra, o que pode justificar a disparidade de resultados. No entanto, 17 dos 32 inquiridos revelaram que em média existem mais de 75 pedidos de informação por projecto. Acrescente-se ainda que, segundo opinião de alguns respondentes, o número de pedidos de esclarecimento depende também da qualidade da informação proveniente do Dono de Obra, da qualidade do projecto e da liberdade de concepção concedida pelo Dono de Obra. Note-se que este valor aumentou relativamente à Fase de Concurso (Figura 4.7), como seria espectável.

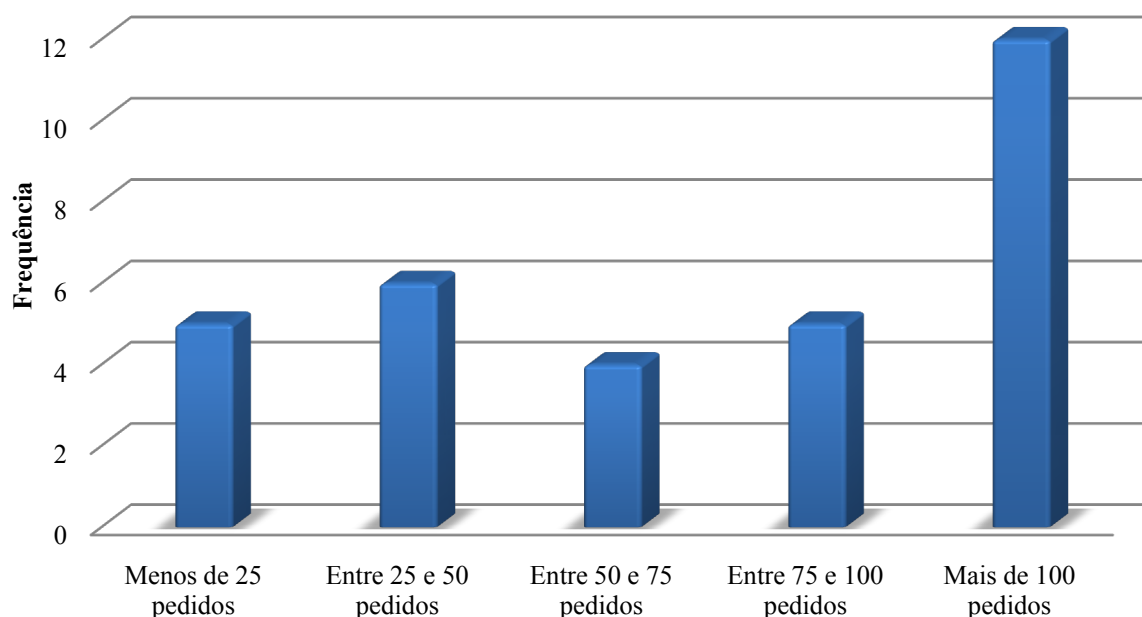


Figura 4.16 – Número médio de pedidos de esclarecimento por obra na Fase de Preparação

Observe-se, também, que a formalização de cada pedido de esclarecimento não demora, em média, mais do que 30 minutos, no entanto, conforme o tipo e a complexidade de cada pedido, o tempo despendido para a sua execução pode ultrapassar os 60 minutos (Figura

4.17). Contudo, este valor diminuiu relativamente à Fase de Concurso (Figura 4.8). Os inquiridos disseram ainda que os pedidos de esclarecimento são expostos por fax, por e-mail ou através de um telefonema à entidade para o efeito indicada no programa do procedimento. A utilização do telefone para o efeito pode justificar o facto de haver um decréscimo de tempo na formalização do pedido.

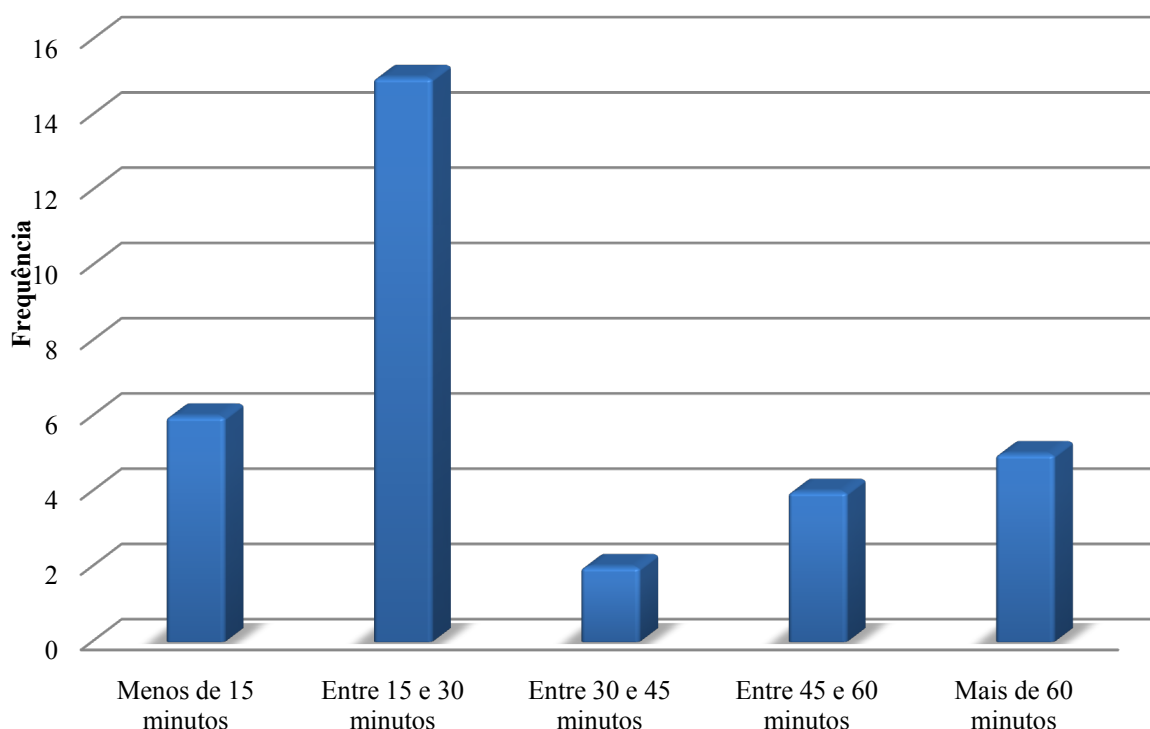


Figura 4.17 – Tempo médio despendido para executar cada pedido de esclarecimento na Fase de Preparação

Os esclarecimentos solicitados pelos empreiteiros são apresentados pela entidade indicada no programa do procedimento, em média, 1 semana depois da formulação do pedido, tal como na fase anterior (Figura 4.9). Porém, tal como na execução do pedido de esclarecimento pelo Empreiteiro, o tempo de espera pode aumentar, conforme o tipo e a complexidade de cada solicitação (Figura 4.18). Foi referido também que, pontualmente, algumas solicitações não são respondidas.

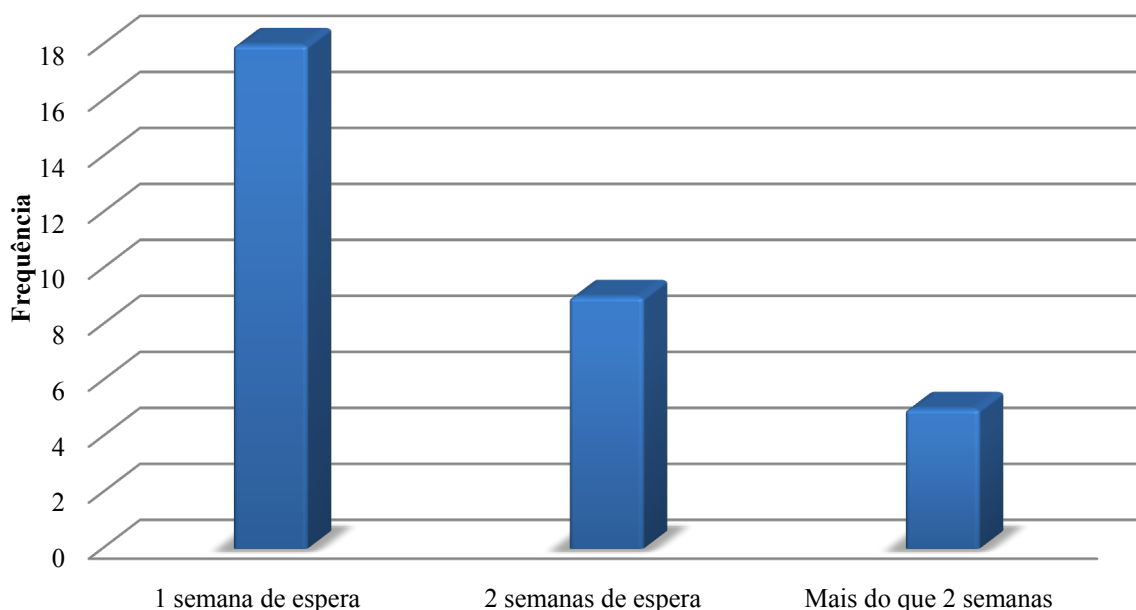


Figura 4.18 – Tempo médio para se obter uma resposta satisfatória aos pedidos de esclarecimento na Fase de Preparação

No cômputo geral dos pedidos de esclarecimento, na pior das situações (100 pedidos de esclarecimento; 60 minutos a executar cada pedido; 2 semanas de espera para obter uma resposta), o Empreiteiro demorará 6000 minutos a executar todos os pedidos de esclarecimento e 2 semanas para obter uma resposta satisfatória aos pedidos. No total, o exercício referente aos pedidos de esclarecimento consome 4 semanas e meia de trabalho, facto que não age em benefício da obra, antes pelo contrário.

4.5.2 POTENCIAL BENEFÍCIO DA UTILIZAÇÃO DO BIM

De acordo com a interpretação dos dados da Tabela 4.5, pode-se concluir que as causas, identificadas pelos Empreiteiros, que apresentam maior relevância na Fase de Preparação podem ser imputáveis ao Dono de Obra e ao Projectista.

Segundo a maioria das opiniões dos Empreiteiros entrevistados, a fraca qualidade dos projectos é a principal razão dos problemas encontrados nesta fase. Apesar de tudo, outras causas podem estar dissimuladas, nas quais o Empreiteiro terá também responsabilidade.

A ausência duma articulação eficaz entre todos os intervenientes é um dos problemas que abrange o Empreiteiro, bem como o Dono de Obra e o Projectista. Seria de prever que, nesta fase, existisse uma maior necessidade de comunicação entre todos os participantes na execução de um empreendimento, o que faz aumentar a importância desta causa face à Fase de Concurso. Nesta perspectiva, se forem os Donos de Obra ou o Projectista a não cooperarem numa articulação eficaz, ainda assim, os atrasos poderão ser compensados. Todavia, o mesmo já não sucederá se for o Empreiteiro a não contribuir para um processo colaborativo eficiente entre todos os intervenientes.

A concepção, a construção e a gestão de um empreendimento é um processo complexo que exige uma comunicação e colaboração eficazes entre todos os membros da equipa de projecto. A falta de articulação entre as equipas pode ser justificada pela clivagem existente entre a Fase de Concepção/Projecto e as fases posteriores, tal como foi explicado no Capítulo 4.4.2. O facto de o Projectista, de uma maneira geral, não acompanhar as obras pode afectar a comunicação entre os intervenientes, causando, consequentemente, atrasos e paragens de processos para resolver problemas que facilmente seriam solucionados caso o Projectista estivesse mais presente.

Por outro lado, a utilização de plataformas informáticas facilitaria o Dono de Obra a gestão dos empreendimentos, permitindo um ambiente colaborativo eficaz entre todos os intervenientes. O *BIM* tem a potencialidade de eliminar os erros de comunicação e de interacção, como foi explicado no Capítulo 4.4.2.

As alterações de projecto são normalmente solicitadas pelo Dono de Obra. Nestes casos, os atrasos provenientes desta situação são compensados. Segundo Gallaher et al. (2004), quanto mais tarde for feita uma mudança ou revisão no projecto maior é o seu impacto no custo total do empreendimento. Apesar de tudo, a não revisão de projecto, antes da execução, também se pode traduzir em desvios financeiros. A título de exemplo, o Tribunal

de Contas (2009) revela que uma das causas que motivou um desvio financeiro no valor de 73.852.193 € (27,15%), na ampliação do aeroporto Sá Carneiro, foi o facto de não ter existido revisão de projecto. Provavelmente, por não ser usual acontecer na Fase de Concepção, os intervenientes sentem muitas vezes a necessidade de a executarem em fases posteriores, talvez porque só nessa altura começa a existir uma percepção real do empreendimento a construir. Como consequência do que foi referido, é espectável que seja dada maior importância às alterações de projecto na Fase de Execução. Gallaher et al. (2004) acrescentam ainda que, para aliviar estas ocorrências, terá de se investir na melhoria da interoperabilidade. Como foi indicado anteriormente, a informação armazenada no modelo *BIM* pode ser partilhada em muitos formatos de arquivo, melhorando a interoperabilidade.

O modelo *BIM* pode atenuar o impacto das alterações ao projecto. Desde a fase de concepção, o modelo permite uma melhor visualização do empreendimento a construir. Como tal, a realidade virtual permitirá ao Dono de Obra ter uma melhor percepção do projecto que pretende e os Projectistas poderão testar os níveis de desempenho do próprio edifício. O grande benefício é o facto de se poderem executar as alterações necessárias ao projecto antes de iniciar a sua execução, o que poderá significar uma grande poupança no custo total da obra.

Com o *BIM*, os projectos serão inevitavelmente mais detalhados, não só devido à informação que está imputada ao modelo mas também pela automatização dos seus elementos, eliminando, neste caso, a existência de contradições entre documentos e problema da falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais.

Para além de terem de apresentar um maior nível de detalhe, os projectos deverão ser compatibilizados. Uma colisão de elementos do projecto é a ocupação do mesmo espaço por dois objectos. A verdade é que a detecção de colisões tornou-se num processo que os Projectistas não ponderam na Fase de Concepção. Nesta fase, deverá promover-se um

processo colaborativo entre toda a equipa de projecto, incluindo os Projectistas de Especialidades, de forma a existir uma coordenação dos elementos, evitando colisões. Estas, se não detectadas na Fase de Concepção, terão um grande impacto no custo final por não terem sido resolvidas a jusante da Fase de Preparação. A coordenação dos elementos não só deverá evitar colisões como também deve reflectir a sequência construtiva dos elementos, os materiais utilizados, o prazo de fornecimento de material e o custo do material. Este é o ambiente 5D (desenho 3D + tempo + custo) utilizado nas ferramentas *BIM*, o qual soluciona, nesta fase, as incompatibilidades entre projectos, a existência de contradições entre documentos e a falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais.

O processo de pedidos de esclarecimento poderá ser atenuado com a utilização de ferramentas *BIM*, devido ao facto deste permitir uma plataforma de comunicação e de troca de informação eficazes entre todos os intervenientes. É expectável que, ao contrário do que se verifica na Fase de Preparação, haja um decréscimo do número de pedidos de esclarecimento face à Fase de Concurso. Significa que, na Fase de Concurso, o Empreiteiro colaborará com o Dono de Obra e o Projectista com o objectivo de ajustar e eliminar alguns erros que se poderão reflectir na execução, sendo que, na Fase de Concepção já foi realizada a compatibilização e a coordenação dos projectos.

Tabela 4.7 – Avaliação do potencial do *BIM* como solução para as principais causas de atrasos na Fase de Preparação

Causa	Atenua	Elimina	Não atenua e Não elimina
<i>Interacções entre vários intervenientes</i>		×	
<i>Mudança e revisão de projecto</i>	×		
<i>Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>		×	
<i>Existência de contradições entre documentos</i>		×	
<i>Incompatibilidades entre projectos</i>		×	

4.6 FASE DE EXECUÇÃO

4.6.1 PERDAS DE MATERIAL

Conforme referido no último parágrafo do Capítulo 4.1 e segundo a opinião recolhida das entrevistas, as causas estudadas foram classificadas quanto à sua origem, como mostra a Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Origem das causas na Fase de Execução – Perdas de material

Causa	Atrasos Compensados		Atrasos Não Desculpáveis	Atrasos Desculpáveis
	Imputáveis ao Dono de Obra	Imputáveis ao Projectista	Imputáveis ao Empreiteiro	Imputáveis a Terceiros
<i>Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>		×		
<i>Mudança e revisão de projecto</i>	×			
<i>Erros em informações sobre tipos e especificações de materiais</i>		×		
<i>Pedidos de material que não correspondem com o requerido no projecto</i>			×	
<i>Pedidos de material em excesso devido a erros de aceção de quantidade</i>			×	
<i>Pedidos de material em excesso devido a falta de coordenação entre o armazém e as equipas de construção</i>			×	
<i>Destruição de material devido a deficiente armazenamento e tratamento</i>			×	
<i>Planeamento imperfeito</i>			×	
<i>Erros de trabalhadores</i>			×	
<i>Falta de controlo de material no estaleiro</i>			×	

A maior parte das causas que propiciam desperdícios de material, nesta fase, são, em regra, imputadas ao Empreiteiro. No entanto, o que se pretende avaliar são as que implicam uma maior prorrogação do prazo e as que detêm maior impacto no custo total da obra. Do mesmo modo se deseja alertar os responsáveis para a utilização de ferramentas que permitam eliminá-las ou atenuá-las.

Estas causas foram avaliadas pelos entrevistados segundo uma escala ordinal (nada relevante, ligeiramente relevante, moderadamente relevante, muito relevante e extremamente relevante). Através de um processo de *rating*, pretende-se fazer uma análise qualitativa de cada uma, para que se evidenciem as causas com maior importância para os entrevistados nesta fase. Esta análise está demonstrada na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Análise das causas na Fase de Execução – Perdas de material

Causa	Muito Relevante + Extremamente Relevante (%)	Média	Desvio Padrão	Missing Values (%)
<i>Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>	40	2,90	1,322	0
<i>Mudança e revisão de projecto</i>	87	4,20	0,664	0
<i>Erros em informações sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>	73	4,03	0,765	0
<i>Pedidos de material que não correspondem com o requerido no projecto</i>	20	2,79	1,177	3
<i>Pedidos de material em excesso devido a erros de aceção de quantidade</i>	67	3,77	0,626	0
<i>Pedidos de material em excesso devido a falta de coordenação entre o armazém e as equipas de construção</i>	10	2,57	0,971	0
<i>Destruição de material devido a deficiente armazenamento e tratamento</i>	33	2,90	1,348	0
<i>Planeamento imperfeito</i>	20	2,77	1,104	0
<i>Erros de trabalhadores</i>	37	3,10	1,125	0
<i>Falta de controlo de material no estaleiro</i>	40	3,10	1,296	0

Conclui-se, pela tabela acima, que os problemas que resultam em desperdícios de material estudados não é apresentam grande relevância, por parte dos Empreiteiros. O mesmo já não se pode dizer da mudança e revisão de projecto, da existência de erros em informações sobre tipos e especificações de determinados materiais e dos pedidos de material em excesso devido a erros de aceção de quantidade, a que é dado grande importância por parte dos respondentes (Figura 4.19).

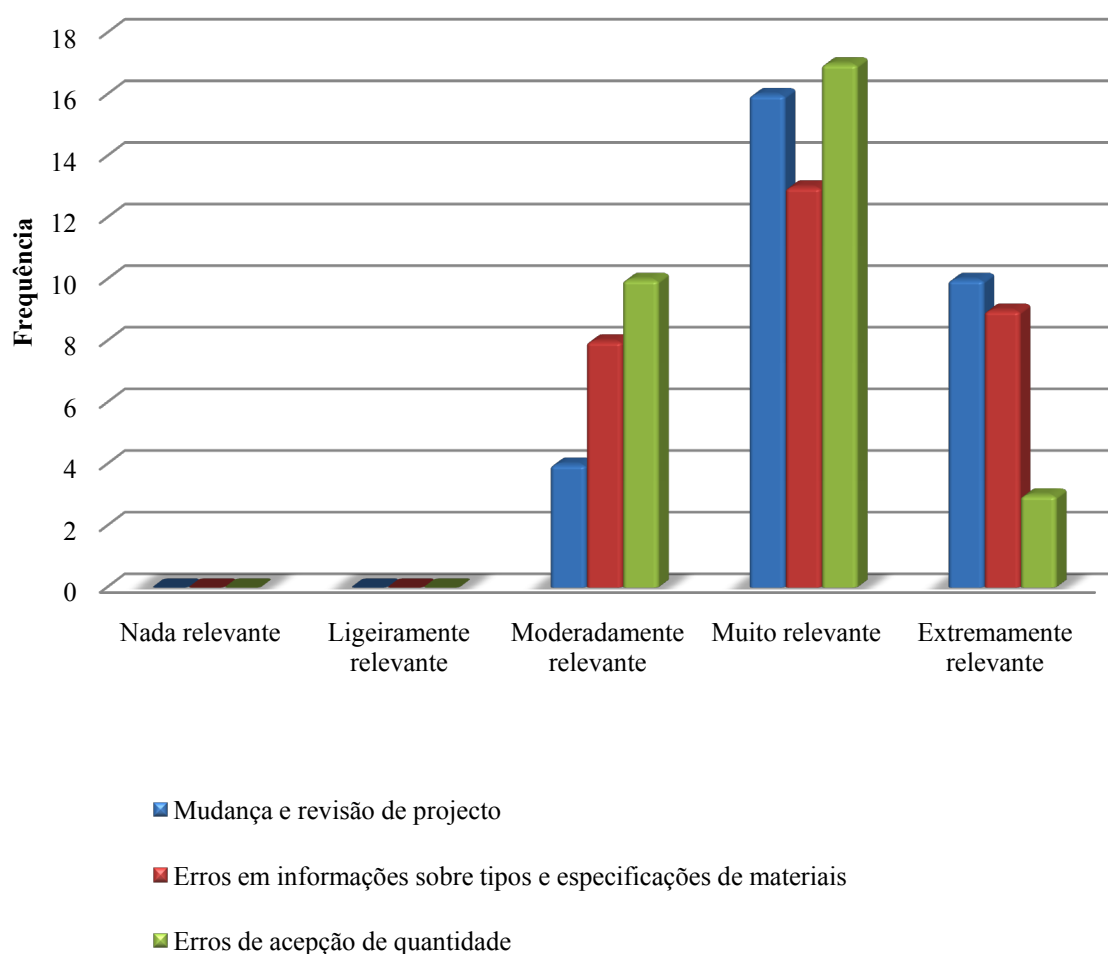


Figura 4.19 – Análise das 3 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Execução – Perdas de material

Questionados sobre eventuais desperdícios de material provocados pela mudança e revisão de projecto, os entrevistados comentaram que a importância desta causa depende do momento da alteração do projecto. Segundo aqueles, se o material for recepcionado antes da alteração do projecto, a gravidade da situação é maior. Os 26 inquiridos que alegaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante no processo de execução da obra acrescentaram ainda que se confrontavam com esta dificuldade regularmente, com as naturais consequências no custo total. Mais alegam que é despendido algum tempo para a sua resolução. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.20.

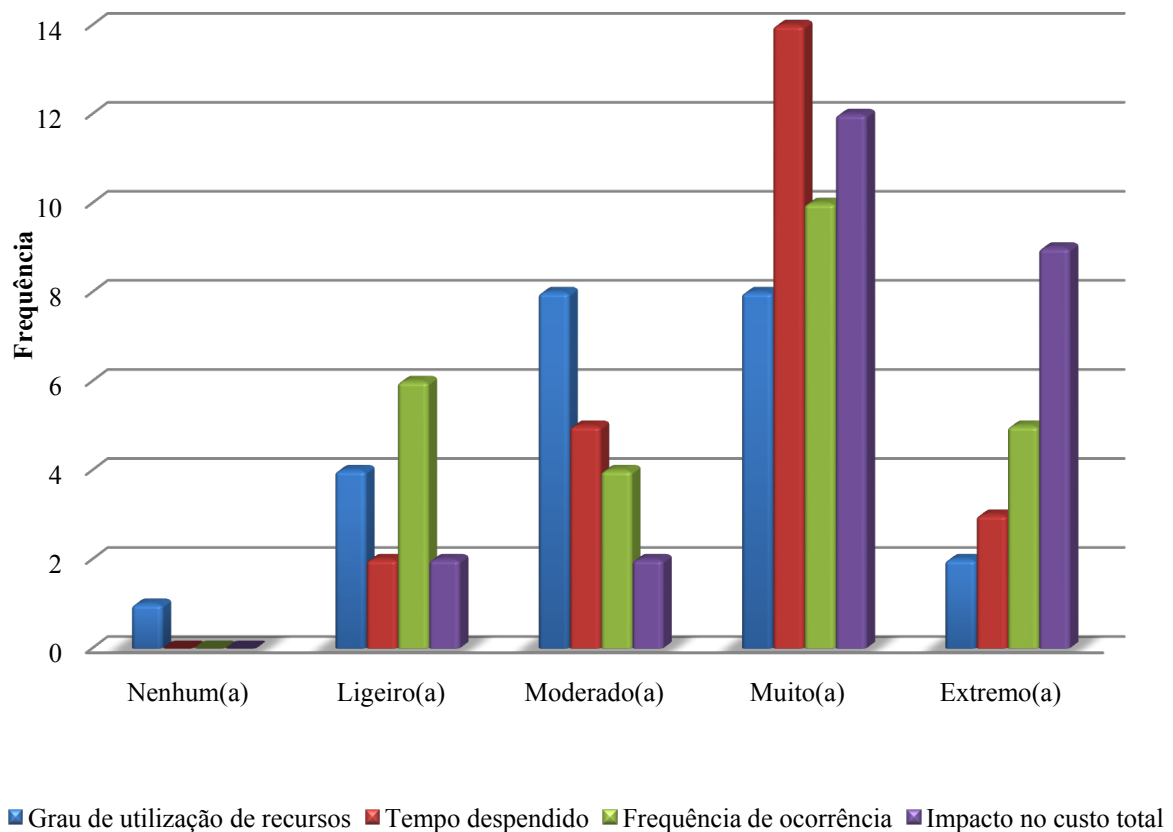


Figura 4.20 – Impacto da mudança e revisão de projecto na Fase de Execução da Obra ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Perdas de material

No que toca a erros em informações sobre tipos e especificações de materiais, os entrevistados dizem que esta causa pode estar relacionada com a qualidade dos projectos, frisando a sua importância para os desperdícios de material. Os 22 que entenderam que os erros em informações sobre tipos e especificações de materiais são muito relevantes ou extremamente relevantes referiram que este problema ocorre assiduamente e adiantam que, para a sua resolução, é despendido algum tempo, apesar de não estarem envolvidos muitos recursos humanos. É uma situação com uma importância elevada no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.21.

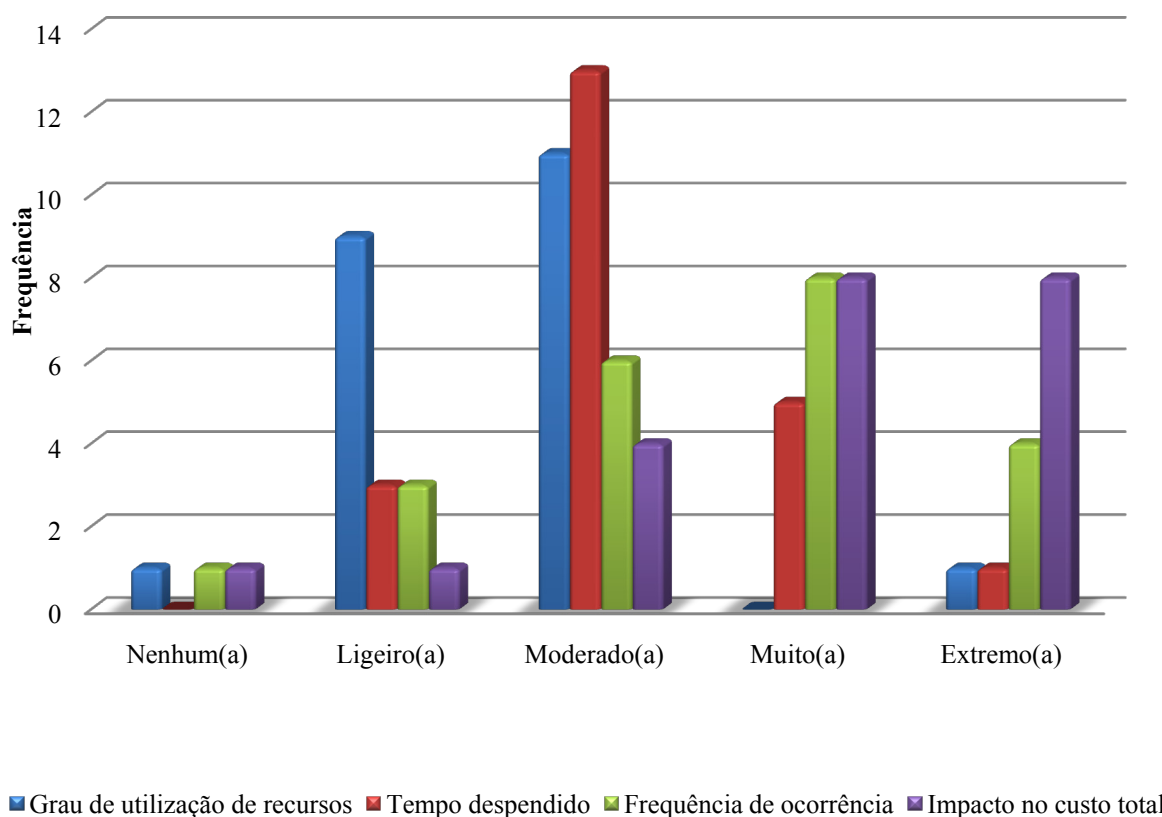


Figura 4.21 – Impacto da existência de erros em informações sobre tipos e especificações de materiais na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Perdas de material

Quanto aos erros de aceção de quantidade, os entrevistados reconheceram que são uma causa relevante nesta fase (Figura 4.19). Esta poderá estar relacionada com a existência de contradições entre documentos e a qualidade dos projectos. Os 20 inquiridos que revelaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante explicam que se confrontavam com este obstáculo com alguma frequência. No entanto, para a sua resolução, não estão compreendidos muitos recursos nem é despendido muito tempo. Assim, estas circunstâncias poderão manifestar um impacto significativo no custo total devido, principalmente, à sua frequente ocorrência. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.22.

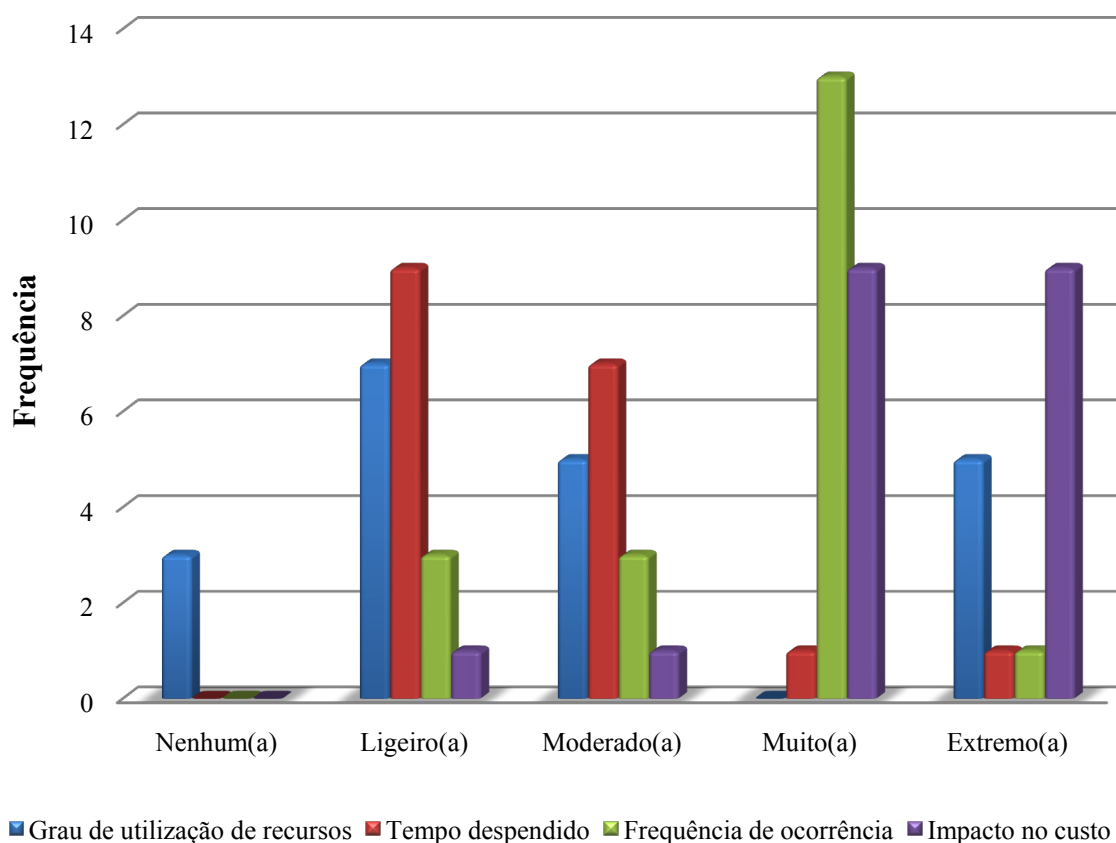


Figura 4.22 – Impacto da existência de erros de aceção de quantidade na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Perdas de material

4.6.2 ATRASOS

De acordo com o referido no último parágrafo do Capítulo 4.1 e segundo a opinião recolhida das entrevistas, as causas estudadas foram classificadas quanto à sua origem, como mostra a Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Origem das causas na Fase de Execução – Atrasos

Causa	Atrasos Compensados		Atrasos Não Desculpáveis	Atrasos Desculpáveis
	Imputáveis ao Dono de Obra	Imputáveis ao Projectista	Imputáveis ao Empreiteiro	Imputáveis a Terceiros
<i>Interacções entre vários intervenientes</i>	×	×	×	
<i>Retrabalho devido a mudança e revisão de projecto</i>	×			
<i>Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>		×		
<i>Erros em informação sobre tipos e especificações de materiais</i>		×		
<i>Existência de contradições entre documentos</i>		×		
<i>Atrasos na aprovação de desenhos</i>	×			
<i>Atrasos no fornecimento de material</i>			×	
<i>Recepção de material que não corresponde totalmente ao especificado em projecto e que tem de se proceder à sua substituição</i>			×	
<i>Atrasos no transporte e/ou instalação de equipamento</i>			×	
<i>Escassez de equipas</i>			×	
<i>Planeamento geral irrealista</i>			×	
<i>Retrabalho devido a erros de trabalhadores</i>			×	
<i>Escassez de equipamentos</i>			×	
<i>Acidentes devido à falta de segurança</i>			×	
<i>Cash flow irregular</i>	×		×	
<i>Condições meteorológicas adversas</i>			×	×
<i>Burocracia</i>	×		×	
<i>Condições locais imprevisíveis</i>	×			

Geralmente são imputadas ao Empreiteiro a maior parte das causas que propiciam atrasos nesta fase. No entanto, o que se pretende é apreciar as causas que implicam uma maior dilatação do prazo e as que resultam em maior impacto no custo total da obra. Na sua sequência, torna-se importante alertar os responsáveis para a utilização de ferramentas que permitam eliminá-las ou atenuá-las.

Estas causas foram avaliadas pelos entrevistados segundo uma escala ordinal (nada relevante, ligeiramente relevante, moderadamente relevante, muito relevante e extremamente

relevante). Através de um processo de *rating*, pretende-se fazer um estudo qualitativo de cada uma, para que se evidenciem as causas com mais importância para os entrevistados nesta fase. Esta análise está demonstrada na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Análise das causas na Fase de Execução – Atrasos

Causa	Muito Relevante + Extremamente Relevante (%)	Média	Desvio Padrão	Missing Values (%)
<i>Interacções entre vários intervenientes</i>	83	4,03	0,615	0
<i>Retrabalho devido a mudança e revisão de projecto</i>	93	4,30	0,596	0
<i>Falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>	37	3,30	0,988	0
<i>Erros em informação sobre tipos e especificações de materiais</i>	17	3,00	0,910	0
<i>Existência de contradições entre documentos</i>	60	3,70	0,651	0
<i>Atrasos na aprovação de desenhos</i>	40	3,43	0,858	0
<i>Atrasos no fornecimento de material</i>	70	3,97	0,765	0
<i>Recepção de material que não corresponde totalmente ao especificado em projecto e que tem de se proceder à sua substituição</i>	37	3,10	1,062	0
<i>Atrasos no transporte e/ou instalação de equipamento</i>	37	3,27	0,980	0
<i>Escassez de equipas</i>	63	3,73	0,640	0
<i>Planeamento geral irrealista</i>	70	3,87	0,681	0
<i>Retrabalho devido a erros de trabalhadores</i>	27	2,93	0,907	0
<i>Escassez de equipamentos</i>	23	2,87	1,074	0
<i>Acidentes devido à falta de segurança</i>	27	3,00	1,225	3
<i>Cash flow irregular</i>	33	3,17	0,950	0
<i>Condições meteorológicas adversas</i>	70	4,00	0,788	0
<i>Burocracia</i>	30	2,97	0,964	0
<i>Condições locais imprevisíveis</i>	80	4,00	0,643	0

Da observação da Tabela 4.11 pode constatar-se que a maioria dos problemas estudados apresenta uma grande relevância no que toca a atrasos, nomeadamente, a interacção entre vários intervenientes, a mudança e revisão de projecto, as contradições entre documentos, o fornecimento de material, a escassez de equipas, o planeamento irrealista, as condições meteorológicas adversas e as condições locais imprevisíveis (Figura 4.23).

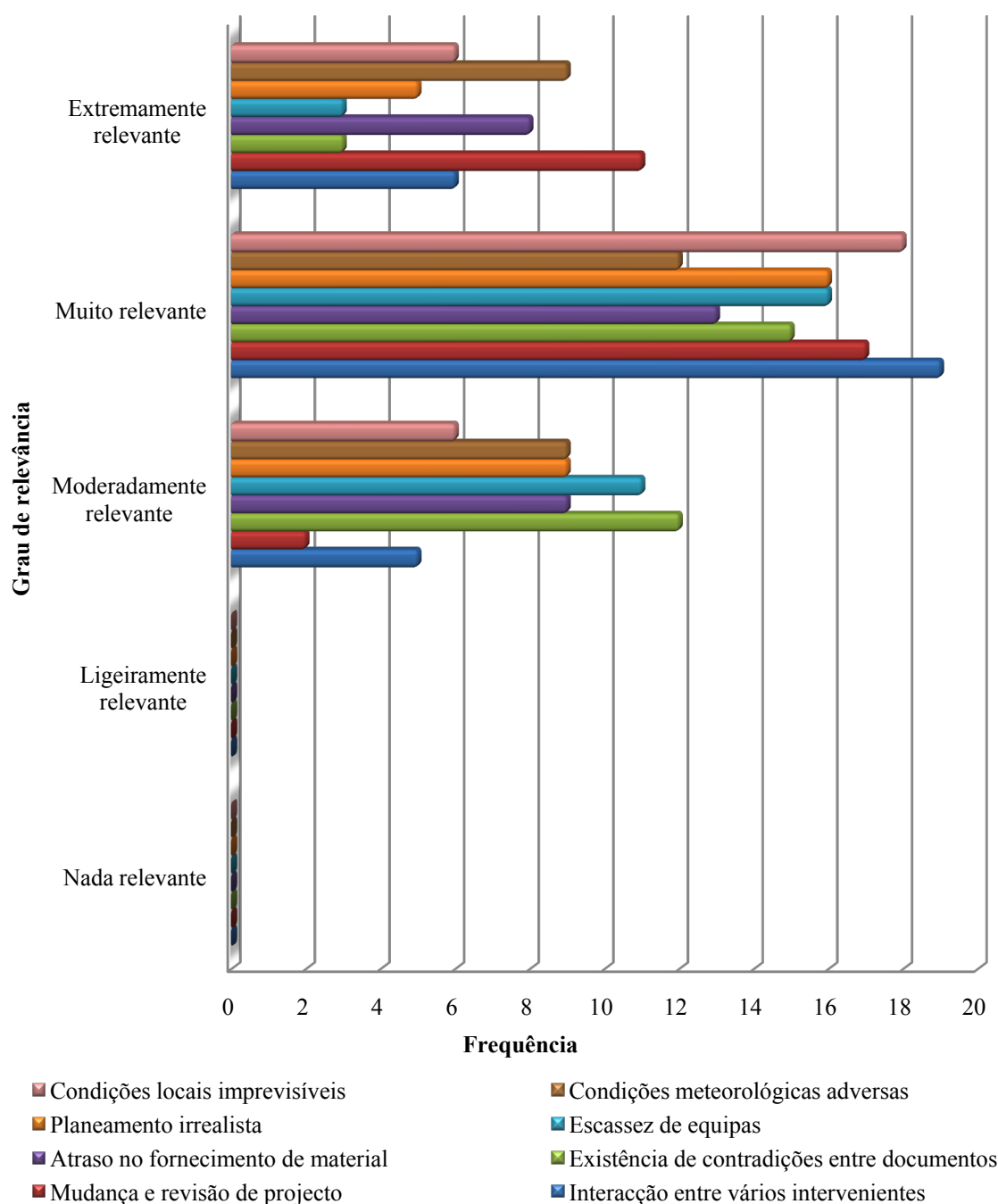


Figura 4.23 – Análise das 8 causas que evidenciam maior relevância na Fase de Execução – Atrasos

Tal como na Fase de Preparação, a ineficácia na interacção entre os vários intervenientes num projecto é uma questão muito relevante ou extremamente relevante para 25 dos inquiridos. De estes, os que revelaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante, ainda acrescentaram que se confrontavam com este obstáculo com muita frequência. Pese embora esta dificuldade, para a sua resolução, não estão compreendidos muitos recursos nem é despendido muito tempo. Assim, estas circunstâncias

poderão motivar um impacto significativo no custo total, mas devido, principalmente, à sua frequente ocorrência. Acrescente-se também que, nesta fase, esta situação é das que manifesta maior frequência de ocorrência e maior impacto no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.24.

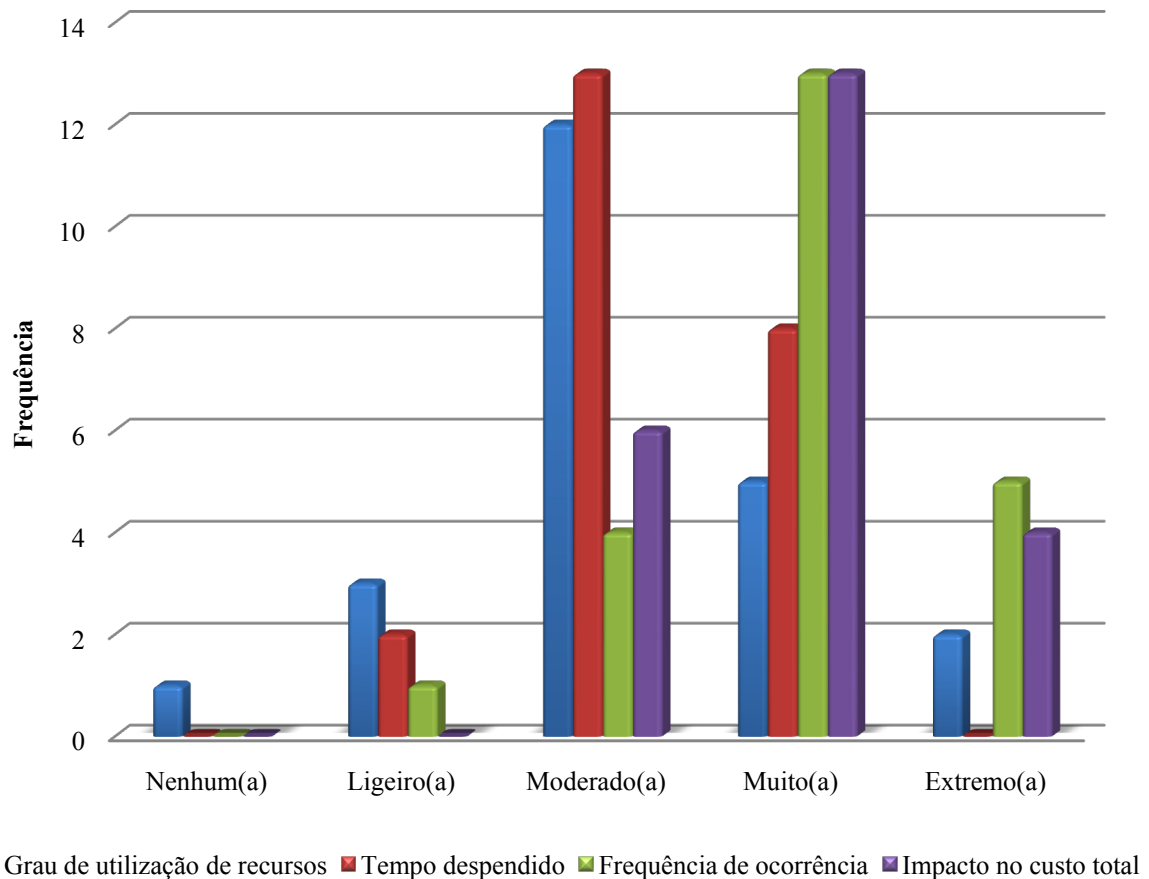


Figura 4.24 – Impacto da ineficiente interacção entre os vários intervenientes na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

Sobre eventuais atrasos provocados pela mudança e revisão de projecto, os entrevistados demonstraram, novamente, o significativo impacto que esta causa representa no processo construtivo (Figura 4.23). Os inquiridos com a opinião de que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante explicam que se confrontavam com este obstáculo com muita frequência e despendiam muito tempo na sua resolução, todavia, não estão abrangidos muitos recursos. Assim, estas circunstâncias poderão manifestar um impacto significativo no custo total devido, principalmente, à sua frequente de ocorrência e ao tempo envolvido.

Acrescente-se também que, nesta fase, esta situação é das que manifesta maior frequência de ocorrência e maior impacto no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.25.

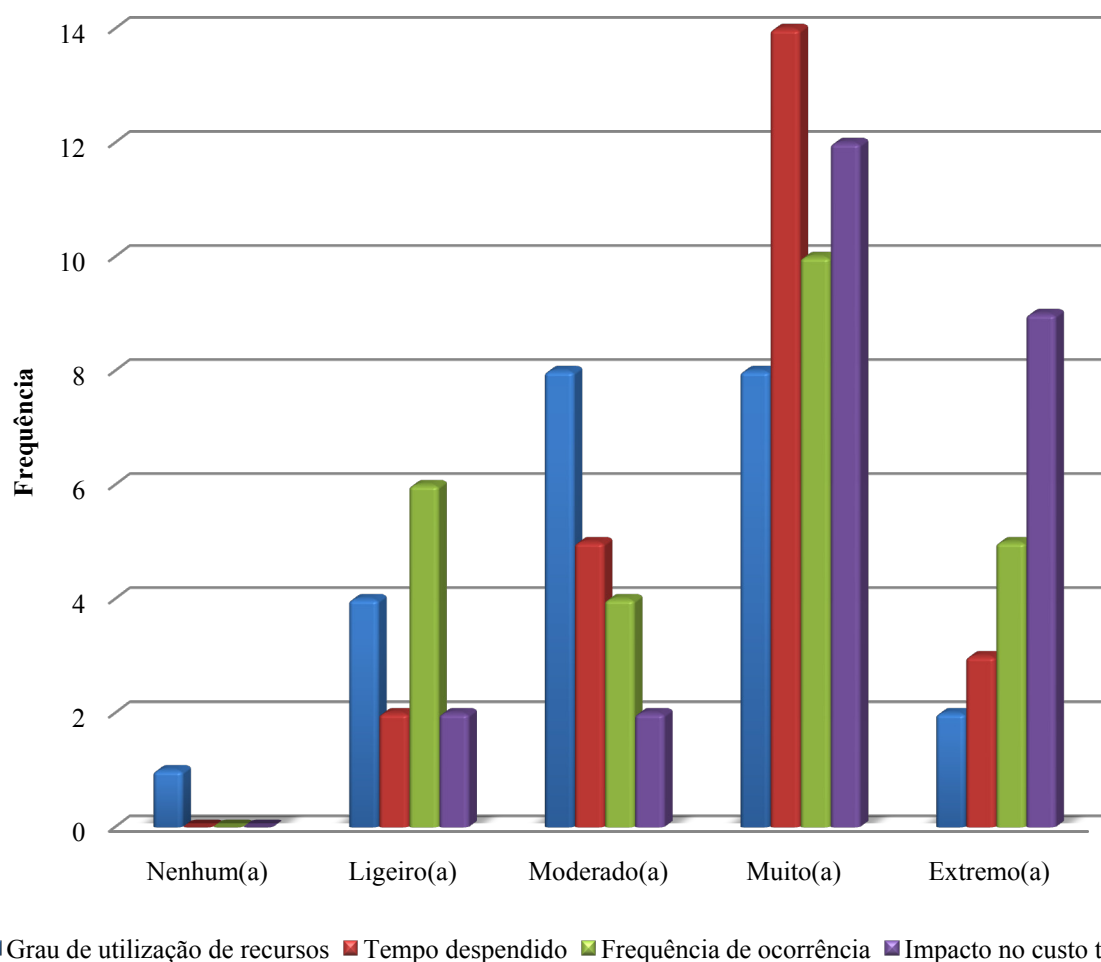


Figura 4.25 – Impacto da mudança e revisão de projecto na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

Seguidamente, os mesmos inquiridos voltaram a considerar que a existência de contradições entre documentos é, também nesta fase, uma situação com notória relevância (Figura 4.23). Os que revelaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante explicam que se confrontavam com este obstáculo com muita frequência e utilizariam muitos recursos na sua resolução sem, todavia, despendermos muito tempo. Assim, estas circunstâncias, também aqui, poderão manifestar um impacto significativo no custo total

devido, principalmente, à sua frequente de ocorrência. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.26.

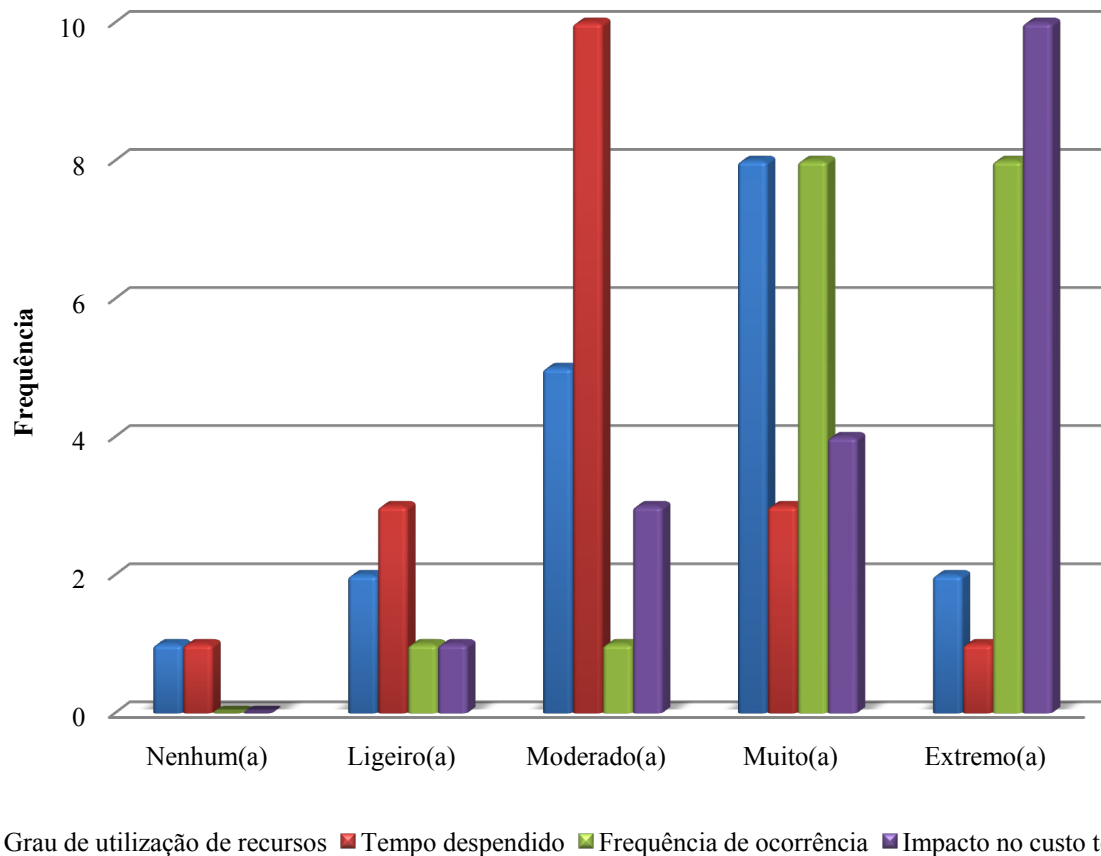


Figura 4.26 – Impacto da existência de contradições entre documentos na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

Nesta fase, o fornecimento de material pode tornar-se uma causa para atrasos. Esta causa é, aparentemente, exclusiva da Fase de Execução, não sendo aplicável na Fase de Concurso ou na Fase de Preparação. Os 21 inquiridos que revelaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante (Figura 4.23) explicaram que se confrontavam com este problema com muita frequência sem, no entanto, despendermos quer muito tempo, quer muitos recursos na sua resolução. Assim, destes factos poderão resultar um impacto significativo no custo total devido, principalmente, à sua frequente de ocorrência. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.27.

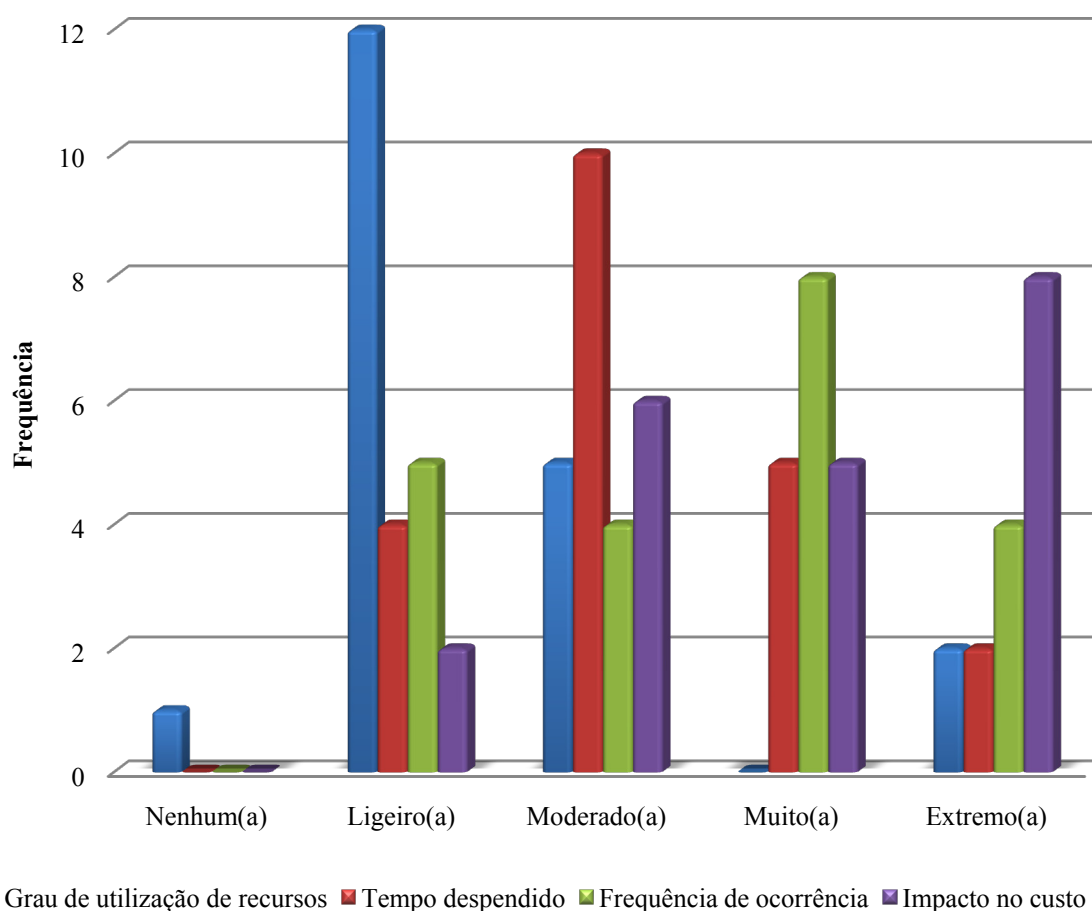


Figura 4.27 – Impacto do atraso no fornecimento de material na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

A escassez de equipas é outra das causas que propicia atrasos na construção, conforme se pode constatar na Figura 4.23. Este obstáculo (escassez de equipas), classificado de muito relevante ou extremamente relevante para a maioria dos entrevistados, surge com muita frequência. Todavia, não estão compreendidos muitos recursos nem despendiam muito tempo na sua resolução. Nestas circunstâncias poderão manifestar um impacto significativo no custo total, sobretudo devido à sua frequente ocorrência. Acrescente-se também que, nesta fase, esta situação é das que manifesta maior frequência de ocorrência e maior impacto no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.28.

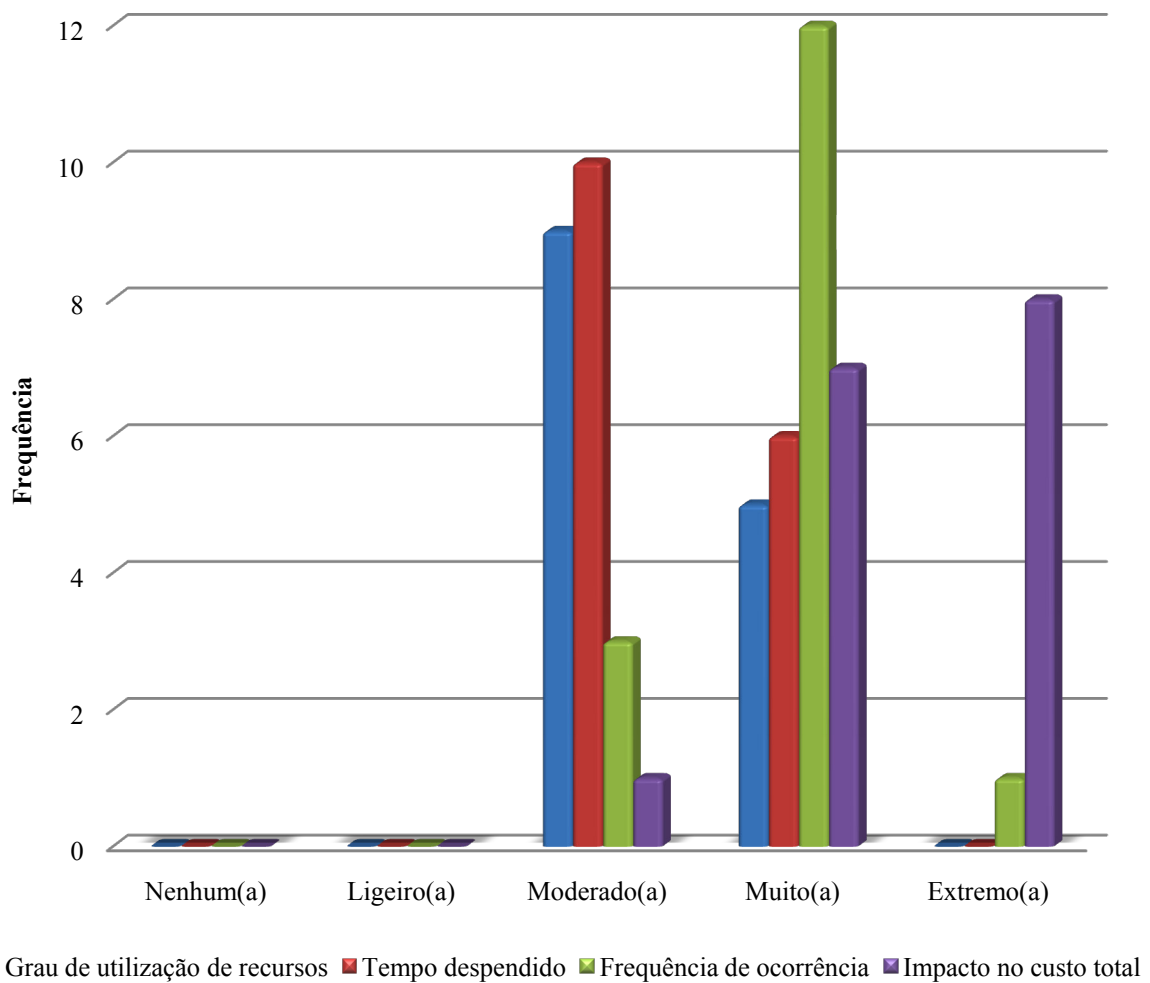


Figura 4.28 – Impacto da escassez de equipas na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

De seguida, os respondentes consideraram que muitas vezes o planeamento não é adequado com a realidade, podendo em muitos casos provocar atrasos, tal como se pode observar na Figura 4.23. Os que confessaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante, acusaram também a enorme frequência com que se debatiam com esta dificuldade, implicando o dispêndio de tempo e recursos na sua resolução. Neste caso poder-se-á registar um significativo impacto no custo total devido, essencialmente, à sua frequente ocorrência. Acrescente-se também que, nesta fase, esta situação é das que manifesta maior frequência de ocorrência e maior impacto no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.29.

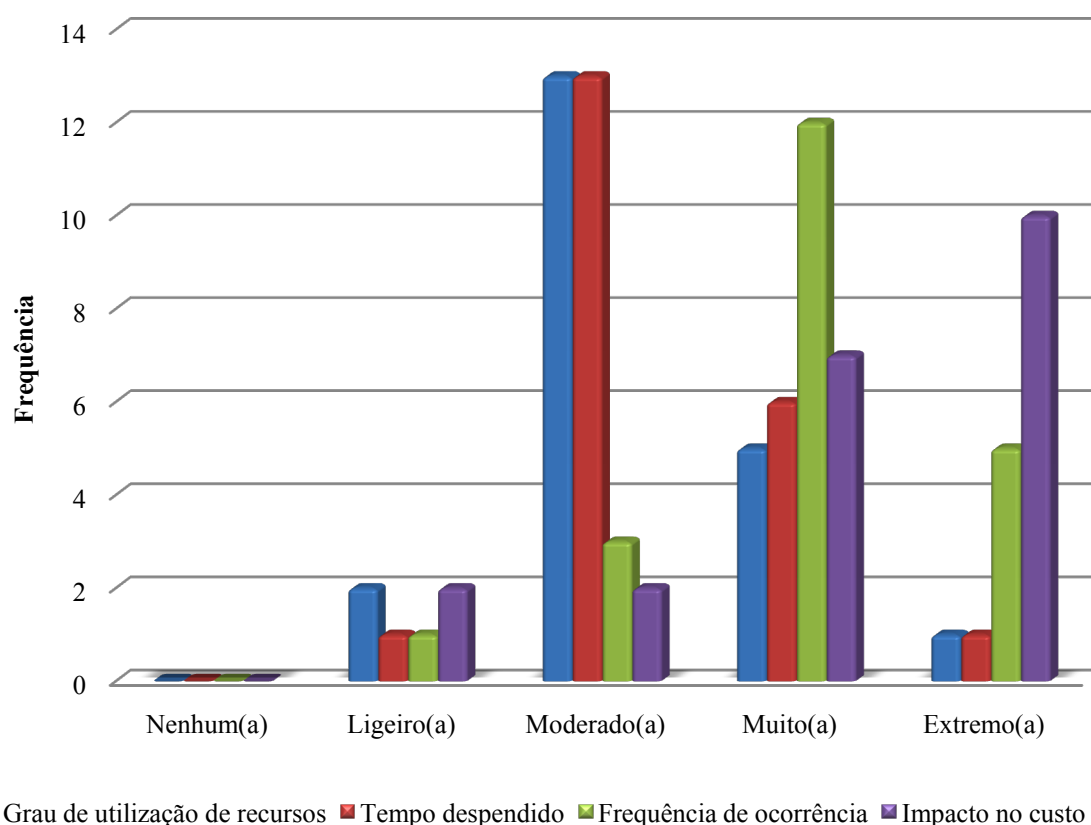


Figura 4.29 – Impacto do planeamento irrealista na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

Quanto às condições meteorológicas adversas, os entrevistados revelam que esta é, por vezes, uma situação bastante preocupante (Figura 4.23). Apesar destes fenómenos não poderem ser controlados, deverão ser acautelados, referiram alguns entrevistados. Os que acharam que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante, explicaram também que gastam muitos recursos e tempo na sua resolução, devido há desmedida frequência com que se confrontam com este obstáculo, resultando daqui um significativo impacto no custo total. Acrescente-se também que, nesta fase, esta situação é das que manifesta maior grau de utilização de recursos, maior dispêndio de tempo, maior frequência de ocorrência e maior impacto no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.30.

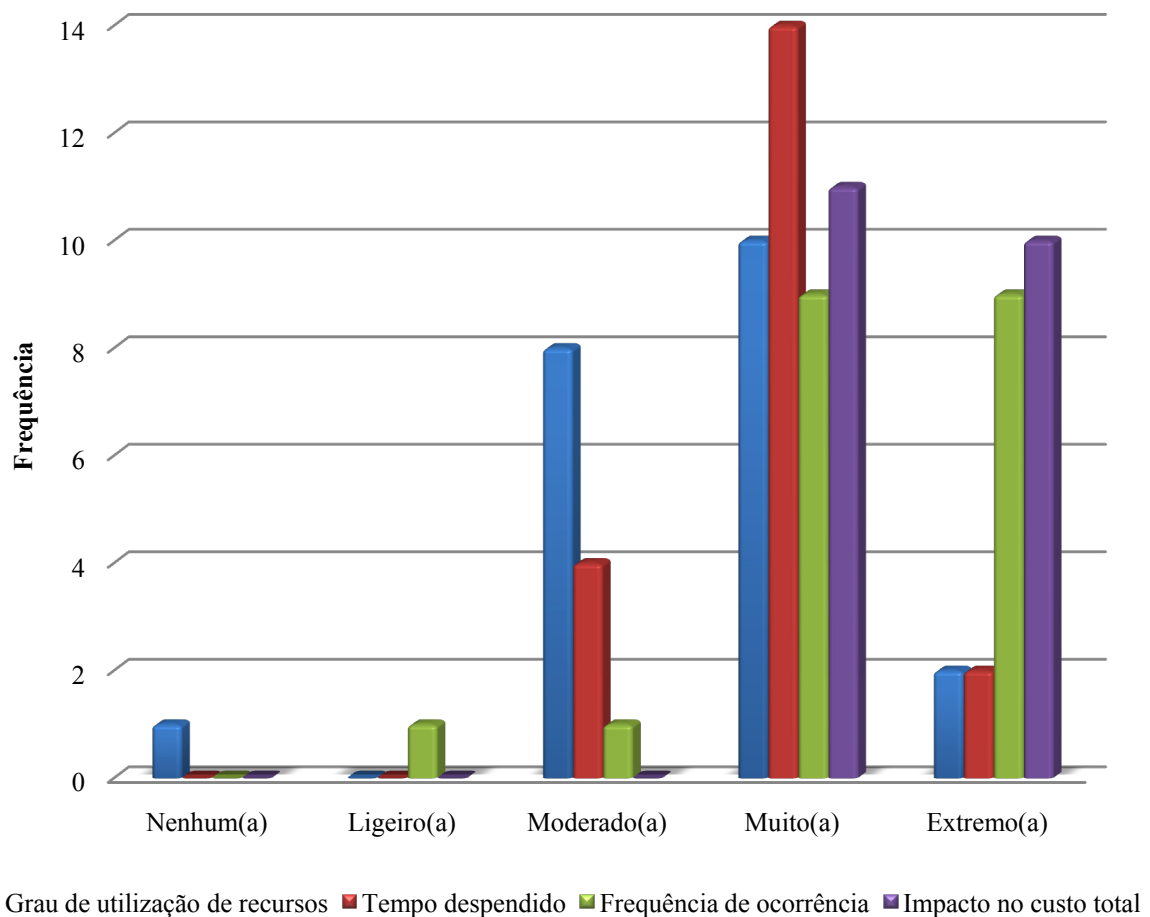


Figura 4.30 – Impacto das condições meteorológicas adversas na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

Finalmente, segundo a Figura 4.23, as condições locais são por muitas vezes imprevisíveis, conforme foi dito pelos entrevistados. Os inquiridos que revelaram que esta causa é muito relevante ou extremamente relevante explicam que se confrontavam com este obstáculo com muita frequência, recorrendo, por isso, a muitos recursos e ao dispêndio de muito tempo na sua resolução. Também neste caso poderá implicar um impacto significativo no custo total, sendo, nesta fase, a situação que manifesta maior impacto no custo total. Estes últimos factores de impacto estão representados na Figura 4.31.

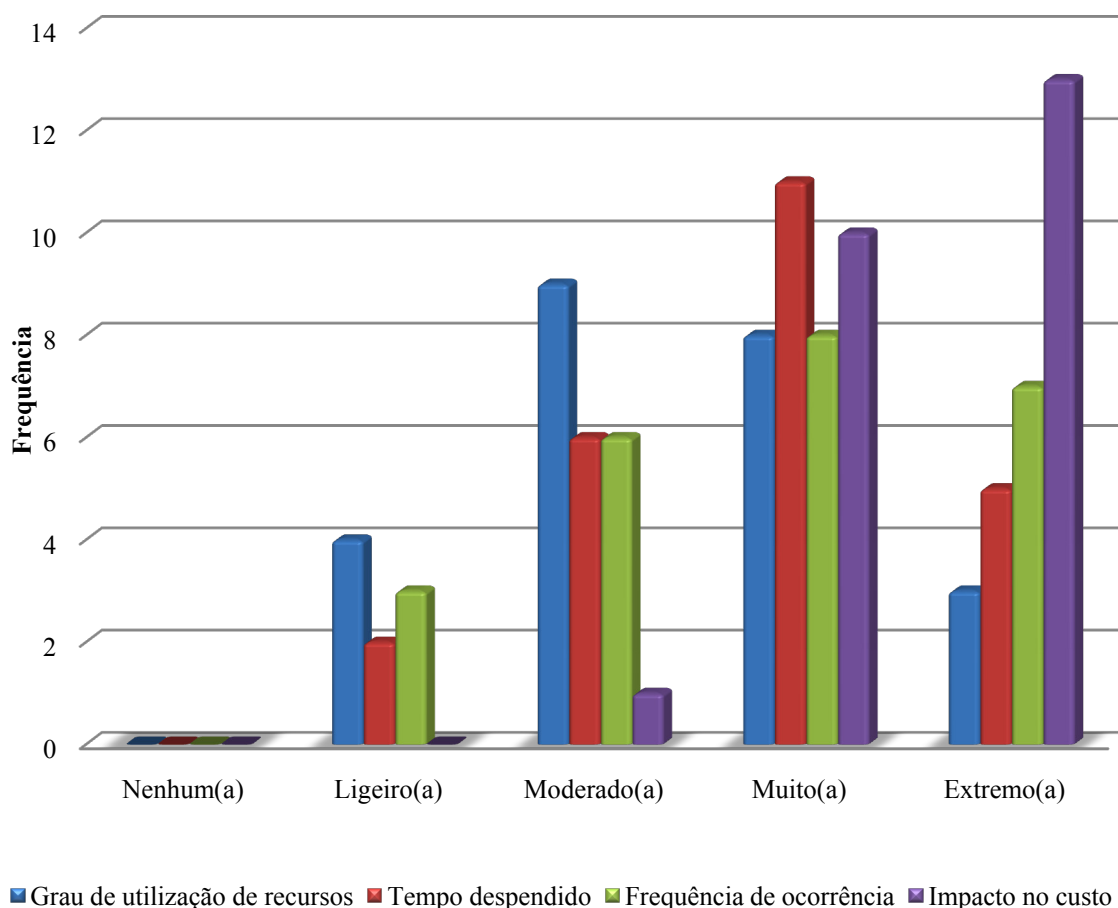


Figura 4.31 – Impacto das condições locais imprevisíveis na Fase de Execução ao nível do grau de utilização de recursos, do tempo despendido, da frequência de ocorrência e do custo total – Atrasos

4.6.3 PEDIDOS DE ESCLARECIMENTO

Situações como as atrás referidas poderão motivar o Empreiteiro a solicitar vários pedidos de esclarecimento, nomeadamente, devido à origem a causas imputáveis ao Dono de Obra e/ou ao Projectista. Através da leitura do gráfico da Figura 4.32, haverá, normalmente, mais do que 150 pedidos de esclarecimento, sendo que, por vezes, este valor poderá diminuir, dependendo do tipo e da dimensão de cada obra.

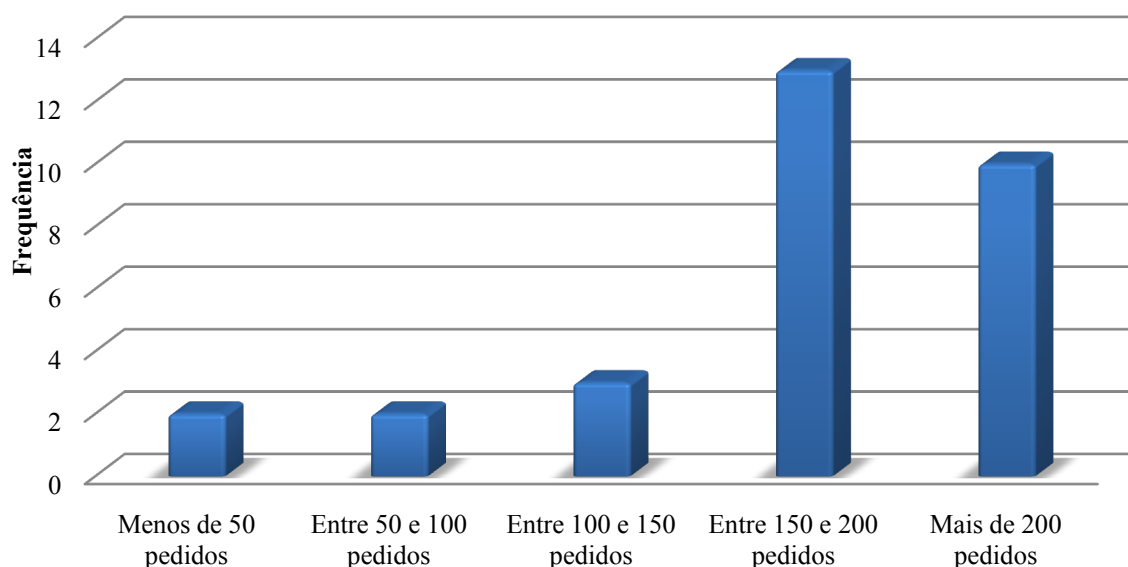


Figura 4.32 – Número médio de pedidos de esclarecimento por obra na Fase de Execução

Face à situação actual era aguardado que esta fosse a fase com mais pedidos de esclarecimento por parte do Empreiteiro ao Dono de Obra, devido à fraca qualidade dos projectos e por a obra se encontrar na fase de “montagem”, onde qualquer acção pode resultar numa dúvida de projecto. Este facto não abona a favor do valor, da qualidade e do custo total do empreendimento.

Note-se que, geralmente, a formalização de cada pedido de esclarecimento não demorará mais do que 30 minutos. No entanto, consoante o tipo e a complexidade de cada pedido, o tempo despendido para a sua execução pode ultrapassar os 60 minutos, o que nesta fase é possível acontecer com alguma frequência (Figura 4.33). Assinale-se ainda que o tempo de execução de cada pedido diminuiu relativamente à Fase de Concurso, tal como na Fase de Preparação (Figura 4.8 e Figura 4.17). Os inquiridos acrescentam ainda que os pedidos de esclarecimento são efectuados por fax, por e-mail ou através de um telefonema à entidade para o efeito indicada no programa do procedimento.

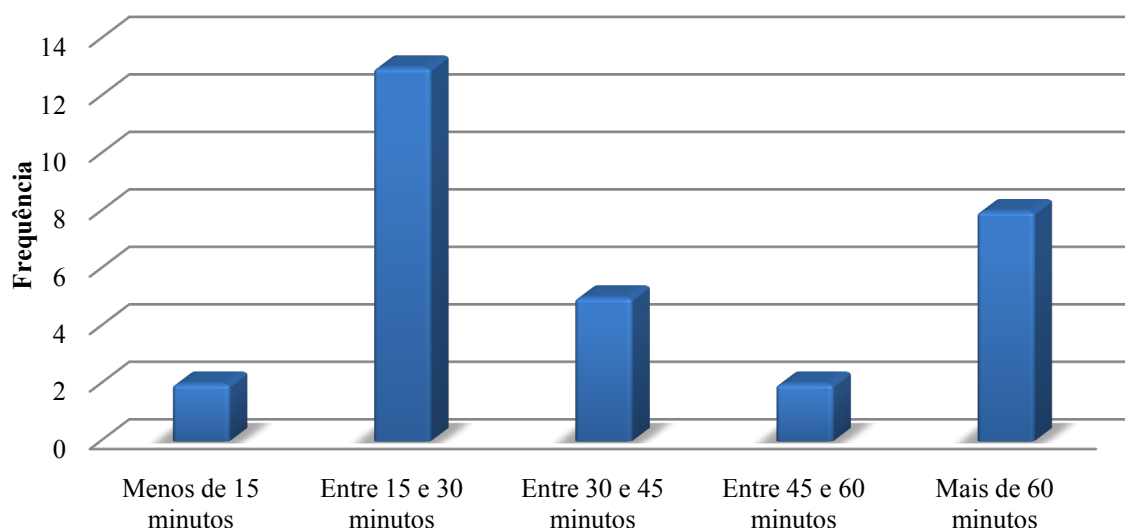


Figura 4.33 – Tempo médio despendido para executar cada pedido de esclarecimento na Fase de Execução

Os esclarecimentos solicitados pelos Empreiteiros são apresentados pela entidade indicada no programa do procedimento, em média, 2 semanas depois da formulação do pedido, não havendo uma certeza na resposta (Figura 4.34). Contudo, tal como na execução do pedido de esclarecimento pelo Empreiteiro, o tempo de espera pode aumentar, conforme o tipo e a complexidade de cada solicitação. Pontualmente, algumas solicitações não são respondidas.

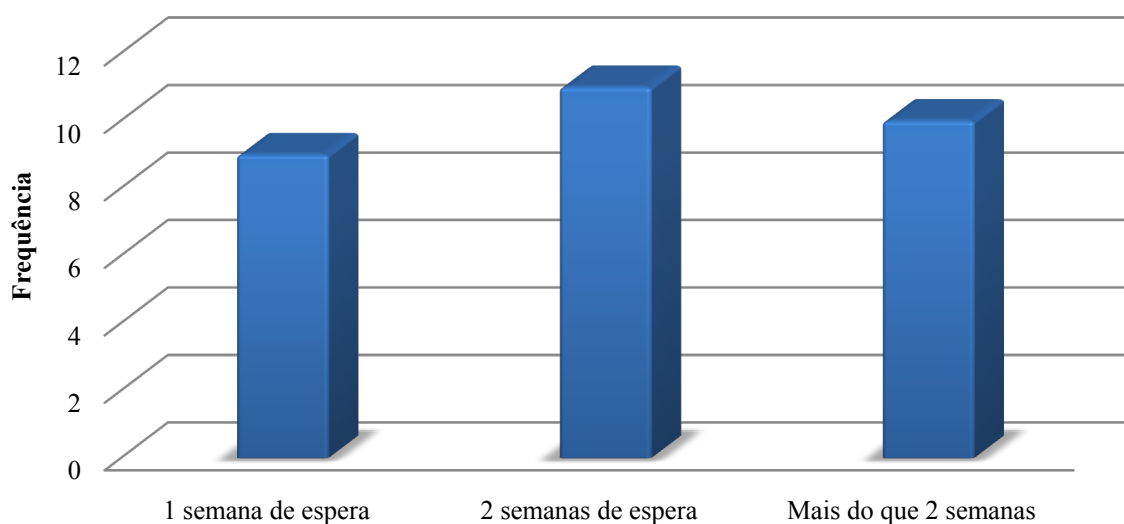


Figura 4.34 – Tempo médio para se obter uma resposta satisfatória a cada pedido de esclarecimento na Fase de Execução

No cômputo geral dos pedidos de esclarecimento, na pior das situações (200 pedidos de esclarecimento; 60 minutos a executar cada pedido; 2 semanas de espera para obter uma resposta), o Empreiteiro demorará 12000 minutos a executar todos os pedidos de esclarecimento e 2 semanas para obter uma resposta satisfatória a cada pedido. Na totalidade, o exercício referente aos pedidos de esclarecimento consome 7 semanas de trabalho (aproximadamente 1 mês e meio), facto que é preocupante e não age em benefício da obra.

4.6.4 POTENCIAL BENEFÍCIO DA UTILIZAÇÃO DO BIM

A utilização do *BIM* desde a Fase de Concepção pressupõe a inexistência de alguns problemas detectados neste estudo, na Fase de Execução.

Com o *BIM*, as alterações de projecto seriam realizadas em fases anteriores devido à riqueza do modelo e ao nível disponibilidade da informação gráfica e não-gráfica ao Dono de Obra. Esta situação abona em benefício da obra porque é sempre necessário que haja revisões nos projectos. Esta causa foi detectada tanto na Fase de Preparação como na Fase de Execução. Através da utilização do *BIM* não será crível que possam ocorrer nestas etapas. Os resultados, relativamente ao impacto desta causa no custo total da obra são partilhados pela auditoria realizada pelo Tribunal de Contas (2009) às obras de construção do Edifício da Casa da Música e da Ponte Rainha Santa Isabel. O Tribunal de Contas (2009) divulga que uma das causas que motivou o desvio financeiro de 37.101.238 € (128,92%), na construção da Ponte Rainha Santa Isabel, e de 62.761.555 € (295,46%), na construção do Edifício da Casa da Música, foi a “paralisação dos trabalhos na sequência da revisão do projecto”.

Os erros em informações sobre tipos e especificações de determinados materiais e a existência de contradições entre documentos seriam detectados numa Fase de Concepção e de Concurso, devido à facilidade de detecção de incompatibilidades tanto ao nível do desenho como ao nível dos documentos. A existência de contradições entre documentos foi detectada

também na Fase de Preparação, sendo mais preocupante nessa fase, como seria de esperar. No entanto, os entrevistados não deixam de manifestar que, na Fase de Execução, esta causa pode transformar-se numa muito importante. Esta situação resulta de erros na Fase de Concepção. Assim, na Fase de Preparação são necessárias muitas vezes equipas responsáveis pela detecção destas falhas, implicando uma grande utilização de recursos por parte do Empreiteiro. Caso não sejam detectadas na Fase de Preparação, os erros poderão ter um impacto significativo no custo total do empreendimento, uma vez que podem conduzir à paragem da linha de montagem e em desperdícios de material. A informação contida no modelo gráfico *BIM* e a interligação com os documentos não gráficos, permitem eliminar o impacto desta causa.

Com a utilização do *BIM* a interacção entre os vários intervenientes será mais eficaz, uma vez que todos estarão inseridos numa plataforma de comunicação, onde a informação poderá ser partilhada de acordo com normas que permitam a correcta interoperabilidade. Esta causa foi detectada em todas fases, sendo que, na de Concurso, o resultado foi menos relevante que nas outras fases. A falta de colaboração pode resultar em erros significativos, os quais poderão representar um grande impacto no custo total, nomeadamente quando ocorrem na Fase de Execução. Esta situação pode ser justificada pelo facto da obra estar a decorrer, existindo uma maior urgência de colaboração e de articulação entre todos os intervenientes, ao contrário das fases anteriores. Qualquer falha pode conduzir à paragem do programa construtivo, implicando uma possível interrupção de uma actividade. Se esta for uma actividade crítica, influencia directamente o planeamento geral da obra. É importante ainda referir que a actividade da construção compreende uma malha cada vez mais complexa de relações, sendo, por vezes, difícil discernir onde acabam e onde começam as competências de cada um dos intervenientes (AECOPS, 2006). O *BIM* promove um trabalho de equipa seguro, organizado, transparente e controlável por todos os intervenientes. A equipa, através deste ambiente, trabalha no mesmo projecto simultaneamente, onde os seus membros têm funções e

direitos específicos, podendo consultar o estado actual do projecto e rever as actualizações ou modificações feitas pela equipa de projecto.

Com a utilização de ferramentas *BIM*, todas estas causas estariam, à partida, eliminadas antes da Fase de Execução.

É importante referir que o *BIM* apresenta outras potencialidades que poderão ser particularmente importantes nesta fase. A gestão dos empreendimentos através do método *Line of Balance* é uma delas. A realização do planeamento pelo método de *Line of Balance (LOB)* adequa-se aos projectos compostos por actividades de natureza linear e de carácter repetitivo. A principal vantagem do método de *LOB* verifica-se ao nível da gestão do planeamento da obra, uma vez que providencia informação sobre a produtibilidade e a duração das actividades sob a forma de um gráfico de fácil interpretação (Arditi, Tokdemir e Suh, 2002). Com a utilização de ferramentas *BIM*, os atrasos provocados pela escassez de equipas e por planeamentos irrealistas são eliminados.

O *BIM* permite também o arquivamento de dados. O responsável pela actualização dos trabalhos realizados pode fazê-lo no próprio modelo. Isto não só possibilita uma análise *on time* do planeamento como também informa o Encarregado sobre o trabalho seguinte a realizar. A actualização da base de dados permite ainda a elaboração automática de autos de medição. O modelo de informação *BIM* constitui uma base de informação compartilhada entre os intervenientes do projecto, podendo aumentar à medida que o projecto passe pelas diferentes etapas do empreendimento – concepção, construção e operação (LACCD, 2009).

As perdas de material motivadas por erros de aceção de quantidade, embora não sendo eliminadas completamente, poderão ser atenuadas, tal como os atrasos provocados pelas condições locais imprevisíveis e condições meteorológicas adversas. Embora estes últimos não possam ser controlados pelo Homem, podem e devem ser previstos.

O fornecimento de material resulta de vários factores, os quais deverão ser estudados para descobrir a melhor forma de gerir esta cadeia. Provavelmente, o *BIM* contribuirá na sua gestão, principalmente na comunicação, atenuando esta causa, mas as filosofias *Lean* e *just in time* poderão ter um papel preponderante, eliminando os atrasos provocados pelo aprovisionamento de material.

Com a utilização de ferramentas *BIM*, é de esperar que o número de pedidos de esclarecimento seja muito baixo nesta fase, ao contrário do que se verifica no estudo. Isto deve-se à melhoria de qualidade dos projectos e da detecção de incompatibilidades, maioritariamente, na Fase de Concepção. Ou seja, ao longo de todas as fases, o número de ocorrência de pedidos de esclarecimento na construção tradicional é inverso ao da construção com *BIM*.

Tabela 4.12 – Avaliação do potencial do *BIM* como solução para as principais causas de atrasos e desperdícios na Fase de Execução

Causa	Atenua	Elimina	Não atenua e Não elimina
<i>Mudança e revisão de projecto</i>		×	
<i>Erros em informação sobre tipos e especificações de determinados materiais</i>		×	
<i>Pedidos de material em excesso devido a erros de aceção de quantidade</i>	×		
<i>Interacção entre vários intervenientes</i>		×	
<i>Existência de contradições entre documentos</i>		×	
<i>Fornecimento de material</i>	*		
<i>Escassez de equipas</i>		×	
<i>Planeamento irrealista</i>		×	
<i>Condições meteorológicas adversas</i>	×		
<i>Condições locais imprevisíveis</i>	×		

* provavelmente o *BIM* atenuará esta causa, no entanto, será necessário estudar mais aprofundadamente este problema, nomeadamente através da sua conjugação com as filosofias *Lean* e *just in time*

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Na Fase de Concurso, todos os intervenientes da obra contribuem para as causas que proporcionam atrasos, sendo as mais relevantes imputadas ao Dono de Obra e ao Projectista.

A escassez de detalhes de projecto e a legislação actual são as causas que, simultaneamente, evidenciam maior relevância, maior grau de utilização de recursos, maior dispêndio de tempo, maior frequência de ocorrência e maior impacto no custo total. Pela semelhança de resultados, faz sugerir que estão relacionadas, o que para segurança do Empreiteiro, relativamente aos erros e omissões, tornam-se imprescindíveis projectos mais detalhados.

Pedir esclarecimentos por parte do Empreiteiro ao Dono de Obra consome, na pior das situações (20 pedidos de esclarecimento; 60 minutos a executar cada pedido; 2 semanas de espera para obter uma resposta), 1200 minutos a formular todos os pedidos e 2 semanas a aguardar por uma resposta satisfatória a cada pedido, podendo haver simultaneidade. Ao todo, o exercício referente aos pedidos de esclarecimento consome 2 semanas e meia de trabalho, facto que não actua em benefício da obra.

Ficou ainda a ideia da existência de uma clivagem da Fase de Concepção/Projecto para as fases posteriores, embora na Fase de Concurso ainda haja alguma participação do Projectista. Assim, pode concluir-se que, actualmente, existem dois processos colaborativos: antes da Fase de Concurso – processo colaborativo composto pelo Dono de Obra e o Projectista; depois da Fase de Concurso – processo colaborativo composto pelo Dono de Obra e o Empreiteiro. Este é o método que vigora actualmente em Portugal, não trazendo benefícios para a gestão dos empreendimentos. Para alterar este panorama, propõe-se 3 medidas: remunerar os Projectistas pela realização dos projectos de concepção e pelo acompanhamento da execução dos empreendimentos; responsabilizar o Projectista e o

Empreiteiro pelos erros e omissões, sendo que, este último, já o é ao abrigo da nova legislação (Decreto-Lei nº 18/2008); utilizar plataformas informáticas que facilitem o Dono de Obra na gestão dos empreendimentos, permitindo um ambiente colaborativo eficaz entre todos os intervenientes – uma das soluções são as ferramentas *BIM*.

Para a resolução das causas encontradas na Fase de Concurso conclui-se que o *BIM* tem a capacidade de eliminá-las ou atenuá-las. Com o *BIM* os projectos serão inevitavelmente mais detalhados, não só devido à informação que está imputada ao modelo como também pela automatização dos seus elementos, contribuindo para a eliminação das causas referentes à escassez de detalhes de projectos e aos erros e omissões (legislação). O ambiente colaborativo e o nível de pormenorização dos projectos irão aligeirar o número de pedidos de esclarecimento, dada a facilidade de comunicação, consumindo, provavelmente, menos tempo na obtenção da resposta. Contudo, é de prever que, com a utilização do *BIM*, haja um acréscimo do número de pedidos de esclarecimento na Fase de Concurso, motivado pela eficiente comunicação entre as partes, diminuindo o número de ocorrências em fases posteriores.

Na Fase de Preparação, apesar de todos os intervenientes na obra contribuírem para as causas que proporcionam atrasos, as mais relevantes são da responsabilidade do Dono de Obra e do Projectista.

Nesta fase, as causas que evidenciam maior relevância são a falta de interacção entre os vários intervenientes, a mudança e revisão de projecto, a falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais, a existência de contradições entre documentos e a existência de incompatibilidades entre projectos. As que requerem maior grau de utilização de recursos são a mudança e revisão de projecto e a existência de contradições entre documentos, sendo também esta a que provoca maior dispêndio de tempo na sua resolução. As causas que ocorrem mais frequentemente são a falta de interacção entre os vários intervenientes e a

existência de incompatibilidades entre projectos. Ao nível do impacto no custo total, as alterações e a existência de incompatibilidades de projecto são as causas com maior expressão.

Os pedidos de esclarecimento, na Fase de Preparação, consomem, na pior situação, cerca de 4 semanas e meia de trabalho, facto que não abona em prol da obra, antes pelo contrário.

Para a resolução das causas encontradas na Fase de Preparação, conclui-se que o *BIM* tem o potencial de eliminá-las ou atenuá-las. O modelo *BIM* pode atenuar o impacto das alterações ao projecto. A partir da Fase de Concepção, o modelo permite uma melhor visualização do empreendimento a construir. Como tal, a realidade virtual permitirá ao Dono de Obra ter uma melhor percepção do projecto que pretende e os Projectistas poderão testar os níveis de desempenho do próprio edifício.

A coordenação dos elementos não só deverá evitar colisões e incompatibilidades como também deve reflectir a sequência construtiva dos elementos, os materiais utilizados, o prazo de fornecimento de material e o custo do material. Este é o ambiente 5D (desenho 3D + tempo + custo) utilizado nas ferramentas *BIM*, o qual soluciona, na Fase de Preparação, as incompatibilidades entre projectos, a existência de contradições entre documentos e a falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais.

O ambiente colaborativo do *BIM* tem o potencial de eliminar dificuldades de interacção entre os vários intervenientes, dada a necessidade de comunicação que cria, bem como a sua facilidade, que proporciona. Aliado ao nível de pormenorização dos projectos, tem também a aptidão de reduzir ou eliminar os erros de falta de informação sobre tipos e especificações de determinados materiais e de contradições entre documentos, podendo ainda atenuar o número de pedidos de esclarecimento, empregando menos tempo na obtenção da

resposta. Assim, é de esperar que, ao contrário do que se verifica na Fase de Preparação, haja um decréscimo do número de pedidos de esclarecimento face à Fase de Concurso.

Na Fase de Execução, conclui-se que todos os intervenientes contribuem para existência de causas que proporcionam perdas de material e atrasos.

As causas que evidenciam maior relevância em perdas de material são as alterações de projecto, os erros em informações sobre tipos e especificações de determinados materiais e os pedidos de material em excesso devido a erros de aceção de quantidade. Conclui-se ainda que todas elas não apresentam um impacto significativo nem ao nível dos recursos nem no tempo de resolução. Apesar de tudo, estas causas provocam um acréscimo significativo no custo total.

As causas que demonstram maior relevância nos atrasos são a falta de interacção entre os vários intervenientes, a mudança e revisão de projecto, a existência de contradições entre documentos, o atraso no fornecimento de material, a escassez de equipas, o planeamento incorrecto, a adversidade das condições meteorológicas e a imprevisibilidade das condições locais. Todas elas, por ocorrerem com significativa frequência, apresentam um grande impacto no custo total.

Os pedidos de esclarecimento, na Fase de Preparação, consomem, na pior situação, cerca de 7 semanas de trabalho, facto que é preocupante e não age em benefício da obra.

A utilização do *BIM* desde a Fase de Concepção pressupõe a redução ou a eliminação dos problemas detectados neste estudo para a Fase de Execução, tais como nas alterações de projecto, nos erros em informações sobre tipos e especificações de determinados materiais, na existência de contradições e na falta de interacção entre os vários intervenientes. A realização do planeamento pelo método de *Line of Balance (LOB)*, através de ferramentas *BIM*, eliminaria os atrasos provocados pela escassez de equipas e por planeamentos irrealistas, uma vez que este método se verifica ao nível da gestão do planeamento da obra e providencia

informação sobre a produtividade e a duração das actividades sob a forma de um gráfico de fácil interpretação. As perdas de material motivadas por erros de aceção de quantidade, embora não sendo eliminadas completamente, poderão ser atenuadas. Nestes campos, o *BIM* ajudará na tomada de decisões e na solução para os problemas. Provavelmente, o *BIM* ajudará na sua gestão, principalmente na comunicação, atenuando esta causa.

Relativamente ao número de pedidos de esclarecimento, pode-se concluir que o número de solicitações na construção tradicional é inversamente proporcional ao da construção com *BIM*.

Significa, portanto que, utilizando ferramentas *BIM*, o número de pedidos de esclarecimento será muito baixo na Fase de Execução e muito elevado na Fase de Concurso.

5.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Tendo em conta o facto de se ter atingido uma taxa de resposta de 100% do universo inicialmente definido, poderá declarar-se que as conclusões podem ser inferidas à totalidade do universo estudado. Extrapolar para a totalidade do sector da construção será, no entanto, especulativa. No entanto, pelo universo ser constituído por empresas propensas à inovação, poderão ser consideradas como uma vanguarda da indústria da construção, pelo que existe a possibilidade credível de estas conclusões poderem estar próximas da realidade do sector.

5.3 FUTUROS CAMPOS DE PESQUISA

Como foi referido no capítulo 3.2, o universo deste estudo compreendeu as 10 empresas do sector de construção portuguesa mais propensas à inovação, as quais constituem os Empreiteiros. Sendo as respostas uma percepção dos Empreiteiros, através de um trabalho semelhante a este, pode considerar-se a utilidade da visão dos Projectistas e dos Donos de

Obra, como forma de esclarecer ainda mais as causas para o incumprimento de prazos e a dilatação de custos na construção portuguesa.

Torna-se também relevante a quantificação do potencial do *BIM* como solução para os principais atrasos e desperdícios na construção portuguesa, para uma futura implementação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AECOPS (2006), “Construção: uma visão do futuro”, Sumário Executivo.

ARDITI, D., TOKDEMIR, O.B. e SUH, K. (2002), “Challenges in Line-of-Balance Scheduling”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(6), p. 545-556, ASCE, New York.

AUTODESK (2009), “BIM Solutions for Building Construction – Building a better world”.

BABIČ, N. Č., PODBREZNIK, P. e REBOLJ, D. (2009). “Integrating resource production and construction using BIM”, *Automation in Construction*, p. 2-6.

BAGANHA, M., MARQUES, J. e GÓIS, P. (2002), “O Sector da Construção e Obras Públicas em Portugal: 1990-2000”, *Oficina do CES 173*, Centro de Estudos Sociais/Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

BAZJANAC, V. (2007), “Impact of U.S. National Building Information Model Standard (NBIMS) on Building Energy Performance Simulation”, *Building Simulation 2007 conference*, Beijing, September 2007.

BUCKLEY, B. (2007), “Building Groups Seek Unity on Interoperability and BIM”, *McGraw-Hill Construction*.

CHEN, D., DOUMEINGTS, G. e VERNADAT, F. (2008), “Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future”, *Journal of Computers in Industry*, 59(7), p. 647-659.

COUTO, J., CARDOSO TEIXEIRA, J. (2005), “As consequências do Incumprimento dos Prazos para a Competitividade da Indústria de Construção – Razões para os Atrasos”, 3^a Conferência ENGENHARIA`2005, 21-23 Novembro, UBI Universidade da Beira Interior, Covilhã.

COUTO, J. P. e CARDOSO TEIXEIRA, J. (2006), “A qualidade dos projectos: Um componente para a competitividade do sector da construção em Portugal”, NUTAU`2006: Inovações Tecnológicas – Sustentabilidade, Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, São Paulo.

COUTO, J., CARDOSO TEIXEIRA, J. e MOURA, H. (2005), “Análise das causas do incumprimento dos prazos, dos custos e da segurança na construção”, Relatório de progresso n.º 1, Project SAPIENS N.º 47625, FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, Junho, 49 p.

EASTMAN, C. (2009), “Building Information Modeling – What is BIM?”, *Georgia Institute of Technology*. Disponível em: <http://bim.arch.gatech.edu/?id=402>. Acesso em: 10 de Novembro de 2009.

EASTMAN, C., LEE, G., e SACKS, R. (2003), “Development of a knowledge-rich CAD system for the North American precast concrete industry”, K. Klinger, *Proceedings of the 2003 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA 22)*, p. 208–215, Indianapolis.

ELINWA, U. e BUBA, S. (1993), “Construction Cost Factors in Nigeria”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 119(4), p. 698-713, December.

FALLON, K. e PALMER, M. (2007), “General Buildings Information Handover Guide: Principles, Methodology and Case Studies”, *FIATECH*, NISTIR 7417.

FROESE, T., FISCHER, M., GROBLER, F., RITZENTHALER, J., YU, K., AKINCI, B., AKBAS, R., KOO, B., BARRON, A. e KUNZ, J. (1999), “Industry foundation classes for project management – a trial implementation”, *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 4, ITCon, p. 17-36.

GALLAHER, M., O’CONNOR, A., DETTBARN, J. e GILDAY, L. (2004), “Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the US Capital Facilities Industry”, NIST GCR 04-867, *NIST*.

GRILO, A. e JARDIM-GONÇALVES, R. (2009), “Value proposition of interoperability on BIM and collaborative working environments”, *Automation in Construction*.

GRILO, A. (2008), “Roadmap para implementação do BIM”. Em: GRILO, A. e VALADARES TAVARES, L. (2008), “Building Information Model e a Competitividade do Sector da Construção”, OPET, Lisboa, p. 95-104. ISBN 978-989-95697-3-7

HAM, N., MIN, K., KIM, J., LEE, Y. e KIM, J. (2008), “A Study on Application of BIM (Building Information Modeling) to Pre-design in Construction Project”. Em: *Third 2008 International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology*, IEEE, p. 42-49.

HOLNESS, G. (2008), “Building Information Modeling Gaining Momentum”, *ASHRAE Journal*.

HOWARD, R. e BJÖRK, B. (2008), “Building information modelling – Experts’ views on standardisation and industry deployment”, *Advanced Engineering Informatics*, 22(2), 271-280.

KIVINIEMI, A., TARANDI, V., KARLSHØJ, R., BELL, H. e KARUD, O. (2008), “Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM”, Erabuild report.

KNIGHT, M. (2008), “Teams, Contracts & BIM”, *ASHRAE Journal*, p. 72-80.

KRAIEM, Z. e DIEKMANN, J. (1987), “Concurrent Delays in Construction Projects”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 113(4), p. 591-602.

KUBICKI, S., BIGNON, J., HALIN, G. e HUMBERT, P. (2006), “Assistance to building construction coordination – towards a multi-view cooperative platform”, *ITcon Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 11, p. 565-586.

KYMMEL, W. (2008), “Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations”, *McGraw-Hill Construction*.

LI, H., HUANG, T., KONG, C., GUO, H., BALDWIN, A., CHAN, N. e WONG, J. (2008), “Integrating design and construction through virtual prototyping”, *Automation in Construction*, 17(8), p. 915–922.

LACCD (2009), “LACCD Building Information Modeling Standards”, *BuildLACCD Los Angeles Community College District*, Los Angeles.

MADSEN, J. (2008), “Build Smarter, Faster, and Cheaper with BIM”, *Buildings Magazine*, 102(7), p. 94-97.

MAJID, M. e McCAFFER, R. (1998), “Factors of Non-Excusable Delays That Influence Contractors' Performance”, *Journal of Management in Engineering*, 14(3), p. 42-49.

ODEH, A. e BATTAINAH, H. (2002), “Causes of construction delay: traditional contracts”, *International Journal of Project Management*, 20(1), p. 67-73.

OGUNLANA, S., PROMKUNTONG, K. e JEARKJIRM, V. (1996), “Construction delays in a fast-growing economy: Comparing Thailand with other economies”, *International Journal of Project Management*, 14(1), p. 37-45.

OKPALA, D. e ANIEKWU, A. (1988), “Causes of High Costs of Construction in Nigeria”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 114(2), p. 233-244.

POLAT, G. e BALLARD, G. (2004), “Waste in Turkish Construction: Need for Lean Construction Techniques”, *Proc. Twelfth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-12)*, Elsinore, Denmark.

SWEIS, G., SWEIS, R., ABU HAMMAD, A. e SHBOUL, A. (2008), “Delays in construction projects: The case of Jordan”, *International Journal of Project Management*, 26(6), p. 665-674.

TRIBUNAL DE CONTAS (2009), “Auditoria a empreendimentos de obras públicas por gestão directa - Conclusões e Recomendações do Tribunal de Contas”, Lisboa.

VANLANDE, R., NICOLLE, C. e CRUZ, C. (2008), “IFC and building lifecycle management”, *Automation in Construction*, 18(1), p. 70-78.

YATES, J. (1993), “Construction Decision Support System for Delay Analysis”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 119(2), p. 226-244.

YESSIOS, C. (2004), “Are we forgetting design?”, *AECbytes*. Disponível em: http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_10.html. Acesso em: 5 de Junho de 2009.

YOUNG, N., JONES, S. e BERNSTEIN, H. (2008), “SmartMarket report on building information modeling (BIM): Transforming design and construction to achieve greater industry productivity”, *McGraw-Hill*, New York.